

Opinnäytetyö (AMK)

Kala- ja ympäristötalouden koulutusohjelma

Iktyonomi AMK

2012

Jussi Laaksonlaita

# POHJAEELÄIMISTÖN ESIINTYMINEN SAARISTOMERELLÄ

– saariston vyöhykkeisyyden ja veden laadun  
vaikutus



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jussi Laaksonlaita

# POHJAEELÄIMISTÖN ESIINTYMINEN SAARISTOMERELLÄ – SAARISTON VYÖHYKKEISYYDEN JA VEDEN LAADUN VAIKUTUS

Saaristomeri muodostaa yhdessä Ahvenanmaan saariston kanssa ainutlaatuisen merialueen. Saaristomeri voidaan jakaa sisä-, väli- ja ulkosaaristoon, maantieteellisten ja luonnontieteellisten ominaispiirteiden mukaan. Saaristomeren merkittävin ympäristöongelma ja uhka on rehevöityminen. Jokien mukana kulkeutuvat ravinteet heikentävät vedenlaatua ja vaikuttavat siten koko ekosysteemiin.

Pohjaeläimistössä tapahtuvien muutoksien seurannalla on tärkeä rooli, kun pyritään arvioimaan rehevöitymisen ja ihmistoiminnan vaikutuksia vesistöihin. Rannikkovesien ekologisen tilan luokittelu perustuu pohjaeläimistöstä laskettavaan BBI -indeksiin (Benthic Brackish water index), rakkolevän esiintymissyvyyden alarajaan ja a-klorofyllin määrää.

Tässä työssä tarkastellaan veden laadun ja saariston vyöhykkeisyyden vaikutusta pohjaeläinten yksilötiheyksiin, biomassoihin ja lajien lukumääriin. Näytepisteitä oli yhteensä 20 kahdella sisäsaaristosta ulkosaaristoon ulottuvalla satunnaislinjastolla. Näytteet kerättiin syksyn 2011 aikana. Pohjaeläinnäytteiden keräämiseen käytettiin Van Veen -pohjanoudinta. Vedenlaatutietojen mittaamiseen käytettiin YSI -moniparametrimittaria. Näytteistä laskettiin pohjaeläinten yksilötiheydet, biomassat ja lajien lukumäärät. Aineistolle laskettiin erityisesti murtoveden pohjaeläimistön tilaa kuvaamaan varten kehitetty BBI -indeksi. Ympäristötekijöiden merkitsevyyttä pyrittiin lisäksi selvittämään monimuuttuja-analyysin avulla.

Tulosten tarkastelussa kiinnitettiin erityistä huomiota runsaimpien lajien liejusimpukan (*Macoma baltica*), *Marenzelleria* -monisukasmadon ja valkokatkojen (*M. affinis*, *P. femorata*) esiintymiseen. Lajeista *Marenzelleria* -monisukasmadot olivat selvästi runsaimpia. Tutkituista ympäristötekijöistä veden happi- sekä suolapitoisuus sekä syvyys vaikuttivat selvimmin lajien esiintymiseen. Lajiston diversiteetti kasvoi selvästi molemmilla näytelinjastoilla ulkosaaristoa kohti. Pohjaeläinten yksilötiheydet eivät eronneet merkitsevästi saaristovyöhykkeiden välillä. Sen sijaan lajien lukumäärissä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero toisella näytelinjastolla.

## ASIASANAT:

Saaristomeri, pohjaeläimistö, vedenlaatu, rehevöityminen, monisukamadot, itämerensimpukka, valkokatka

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme of fisheries and environmental care

30.3.2012 | Total number of pages 59

Instructor: Arto Huhta, Olli Loisa

Jussi Laaksonlaita

# APPEARANCE OF MACROZOOBENTHOS IN THE ARCHIPELAGO SEA – THE EFFECT OF ARCHIPELAGO ZONES AND WATER QUALITY

The Archipelago Sea can be divided into three zones, the inner, middle and outer archipelago. The division is based on geo- and biogeographical criteria. Eutrophication is the greatest environmental threat affecting on the Archipelago Sea. Most of the nutrient load flows to the sea along rivers.

Macrozoobenthos has an important role, when estimating the influence of eutrophication and industry on the condition of water system. Ecological classification of coastal waters is based on, BBI -index (Brackish water Benthic Index), the amount of a-chlorophyll and lower limit of bladder wrack (*Fucus vesiculosus*) appearance depth.

The study investigates water quality and the influence of archipelago zones on the abundance of benthic animals, biomass and number of species. Samples were taken from 20 sampling stations which were placed in two randomly chosen sampling lines. The samples were investigated in autumn 2011. Benthic samples were taken with Van Veen -bottom grab sampler. Water quality measurements were taken by using YSI -multiparameter sonde. Abundance, biomass and the number of species were calculated from each sample in laboratory. The BBI -index was calculated from the samples. The BBI -index was developed to describe the condition of benthic communities in brackish waters. Environmental factors (salinity, depth, dissolved oxygen etc.) and the influence of archipelago zones on the distribution species were observed by using statistical analysis.

Special emphasis was placed on the distribution of most abundant species bivalve *Macoma baltica*, amphipod *Monoporeia affinis* and polychaeta worm *Marenzelleria spp.* *Marenzelleria* polychaeta were the most abundant species group in both sampling lines. Environmental factors which best explained the distribution of benthic animals were dissolved oxygen, salinity and depth. The diversity of species increased towards outer archipelago in both sampling lines.

## KEYWORDS:

Archipelago Sea, zoobenthos, eutrophication, water quality.

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 AINEISTO JA MENETELMÄT</b>	<b>15</b>
2.1 Tutkimusalue	15
2.2 Näytteenotto ja aineiston käsittely	16
2.2.1 Pohjaeläimet	16
2.2.2 Indeksit	18
2.2.3 Vedenlaatu	20
2.3 Tilastomenetelmät	22
<b>3 TULOKSET</b>	<b>24</b>
3.1 Paimionlahti – Jurmo	24
3.1.1 Vedenlaatu	24
3.1.2 Pohjaeläinten yksilötiheydet ja biomassat	26
3.1.3 Lajisto	30
3.1.4 ELY -keskuksen vuoden 2009 tulokset	32
3.1.5 Indeksit	34
3.2 Mynälahti – Kökar	36
3.2.1 Vedenlaatu	36
3.2.2 Pohjaeläinten yksilötiheydet ja biomassat	37
3.2.3 Lajisto	40
3.2.4 Indeksit	42
3.3 Monimuuttuja-analyysit	44
<b>4 TULOSTEN TARKASTELU</b>	<b>47</b>
4.1 Pohjaeläimet	47
4.1.1 Yksilötiheydet ja biomassat	47
4.1.2 Lajisto	49
4.1.3 Vertailua aiempiin tuloksiin	50
4.1.4 Indeksit	50
4.2 Vedenlaatu	51
4.2.1 Happipitoisuus	51
4.2.2 Suolapitoisuus	52
4.2.3 Kokonaisfosforipitoisuus	52

KIITOKSET	54
-----------	----

LÄHTEET	55
---------	----

## LIITTEET

- Liite 1. Näytteenoton tiedot.  
 Liite 2. Näytepisteiden pohjanlaatutiedot.  
 Liite 3. Pohjaeläinten (taksonien) ympäristöstressin sietokykyarvot (Vuori ym. 2009, liite 3.3.1)  
 Liite 4. Lounaisen saariston syvyys- ja saaristovyöhykekohtaiset BBI -indeksin luokkarajat ja vertailuarvot (Vuori ym. 2009, liite 3.3).  
 Liite 5. Mynälahti – Kökar -näytelinjaston pohjaeläinten yksilötiheydet ja biomassat sekä määritettyjen taksonien lukumäärät.  
 Liite 6. Paimionlahti – Jurmo -näytelinjaston pohjaeläinten yksilötiheydet ja biomassat sekä määritettyjen taksonien lukumäärät.  
 Liite 7. Varsinais-Suomen ELY -keskuksen vuoden 2009 pohjaeläinnäytteenotossa havaitut kokonaisyksilötiheydet, -biomassat sekä liejusimpukan (*M. baltica*), valkokatkan (*M. affinis*) ja *Marenzelleria* -monisukasmadon yksilötiheydet vertailussa käytetyillä näyteasemilla. (OIVA- ympäristö- ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille 2011).  
 Liite 8. Näytepisteiden vedenlaatutiedot.

## KUVAT

- Kuva 1. Tutkimusalueen kartta. Sisäsaariston ulkoraja on merkitty karttaan punaisella ja välisaariston ulkoraja sinisellä katkoviivalla. Näytepisteet on merkitty karttaan pistein (P1 - P12= Paimionlahti – Jurmo, M1 - M8= Mynälahti - Kökar -näytelinjasto). (Mapinfo Professional 10.5.2. 2010. karttapohjat: Juha Niemi) 15
- Kuva 2. Van Veen -pohjanoudin. 17
- Kuva 3. Näytteenotossa käytetty vinssi ja puomi. 17
- Kuva 4. Veden laadun mittauksissa käytettiin YSI -moniparametrimittalaitetta. 22
- Kuva 5. *Marenzelleria* -monisukasmatoja. 27
- Kuva 6. Liejusimpukka (*Macoma baltica*). 28
- Kuva 7. *Chironomus* -suvun surviaissääskien toukkia. 28
- Kuva 8. Merisukasjalkainen (*Hediste diversicolor*). 31
- Kuva 9. Näytepisteeltä P5 tavattuja lajeja: idänsydänsimpukka (ylhäällä), merirokko (oikealla) ja hietasimpukka (alhaalla). 31
- Kuva 10. Okamakaramato (*Halicryptus spinulosus*). 32
- Kuva 11. Sinisimpukka (*Mytilus edulis*) oli näytelinjaston kolmanneksi runsain laji. 40
- Kuva 12. Kilkki (*Saduria entomon*). 40
- Kuva 13. Pisteiltä M7 ja M8 tavattiin *Gammarus salinus* -leväkatkaa. 42

## KUVIOT

Kuvio 1. Pohjanläheisen veden lämpötilat ja suolapitoisuudet.	24
Kuvio 2. Pohjanläheisen veden kokonaisfosforipitoisuus ja happikyllästyneisyys sekä näytepisteiden syvyydet.	25
Kuvio 3. Pohjaeläinten yksilötiheydet (yks./m <sup>2</sup> ) ja biomassat (g ww/m <sup>2</sup> ).	26
Kuvio 4. <i>Marenzelleria</i> -monisukasmadon, valkokatkojen ( <i>Monoporeia affinis</i> , <i>Pontoporeia femorata</i> ) ja liejusimpukan ( <i>Macoma baltica</i> ) yksilötiheydet (yks./m <sup>2</sup> ) Paimiolahti - Jurmo -linjaston näytepisteillä	29
Kuvio 5. Lajien lukumäärät.	30
Kuvio 6. Vuosina 2009 ja 2011 havaitut pohjaeläinten yksilötiheydet.	33
Kuvio 7. Vuosina 2009 ja 2011 havaitut pohjaeläinten kokonaisbiomassat	33
Kuvio 8. Näytepisteiden BBI -indeksit ja ekologista laatusuhdetta kuvaavat arvot. Vihreä väri kuvastaa hyvää, keltainen tyydyttävää ja oranssi välttävää ekologista tilaa.	35
Kuvio 9. Pohjanläheisen veden lämpötilat ja suolapitoisuudet.	36
Kuvio 10. Pohjanläheisen veden kokonaisfosforipitoisuus, happikyllästyneisyys sekä näytepisteiden syvyydet.	37
Kuvio 11. Pohjaeläinten yksilötiheydet (yks./m <sup>2</sup> ) ja biomassat (gww/m <sup>2</sup> ).	38
Kuvio 12. <i>Marenzelleria</i> -monisukasmadon, liejusimpukan ( <i>Macoma baltica</i> ) ja valkokatkojen ( <i>Monoporeia affinis</i> , <i>Pontoporeia femorata</i> ) yksilötiheydet (yks./m <sup>2</sup> ) Mynälahti - Kökar -linjaston näytepisteillä.	39
Kuvio 13. Lajien lukumäärät.	41
Kuvio 14. Näytepisteiden BBI -indeksit ja ekologiset laatusuhdearvot. Sininen kuvastaa erinomaista, vihreä hyvää, keltainen tyydyttävää ja oranssi välttävää ekologista tilaa.	43
Kuvio 15. Näytepisteiden ja ympäristömuuttujien CCA -ordinaatiokuvaaja.	44
Kuvio 16. Lajien yksilötiheyksien ja ympäristömuuttujien välistä yhteyttä kuvaava CCA -analyysin ordinaatiokuvaaja. Lajit on merkitty kuviossa tieteellisten nimien lyhenteillä (esim. Bylsar = <i>Bylgides sarsi</i> eli liejusukasjalkainen).	45

## TAULUKOT

Taulukko 1. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen merialueilla käyttämä rehevyysluokitus (Alahuhta 2008, 10).	20
Taulukko 2. Valmistajan ilmoittamat anturien tarkkuusarvot (YSI Inc. 2010).	21
Taulukko 3. Aineistosta laskettujen indeksien arvot ja laskemiseen käytetyt pohjaeläinten kokonaistiheydet ja taksonien lukumäärät.	34
Taulukko 4. Aineistosta laskettujen indeksien arvot ja niiden laskemiseen käytetyt pohjaeläinten kokonaistiheydet ja taksonien lukumäärät.	42

# 1 JOHDANTO

Saaristomeri muodostaa yhdessä Ahvenanmaan kanssa maailman runsassaa-  
risimman saariston. Saaristoalueella on yhteensä noin 50000 saarta ja luotoa  
(Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 8). Saaristo-  
meri ulottuu lännessä Ahvenmaalle, pohjoisessa raja kulkee noin Uudenkau-  
pungin korkeudella ja idässä Hangon läntisellä selällä. Etelässä vastassa on  
pohjoinen Itämeri. Varsinais-Suomen puoleisen saariston ja Ahvenmaan saari-  
en muodostaman saaristoalueen pinta-ala on yhteensä noin 17000 km<sup>2</sup> (Varsi-  
nais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 8). Saaristomeren  
keskisyvyys on noin 23 metriä ja syvimmat merialueelta löytyvät kohdat ovat  
hiukan yli 100 metriä syviä. (Myrberg ym. 2006, 48; Varsinais-Suomen ympäris-  
tökeskus 2008) Saaristomeren valuma-alueen (kuva 1) pinta-ala on 6490 km<sup>2</sup>,  
ja se muodostaa suurimman osan Varsinais-Suomen mantereen puoleisesta  
pinta-alasta (Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011,  
8).

Saaristomeri voidaan jakaa kolmeen vyöhykkeeseen, sisä-, väli- ja ulkosaaris-  
toon. Jako perustuu vesipuitedirektiivin edellyttämään pintavesien tyypittelyyn,  
jonka pohjana käytetään vesistöalueen maantieteellisiä ja luonnontieteellisiä  
ominaispiirteitä. Suomessa rannikkovesien tyypittelyssä käytetään vesipuitedi-  
rektiivin mukaista B-tyypittelyjärjestelmää sovellettuna Suomen oloihin, jossa  
tekijöille ei ole annettu numeerisia raja-arvoja ja joka antaa soveltamismahdolli-  
suuksia. (Kangas ym. 2003, 8; Vuori ym. 2006, 11 - 12) Jaottelussa käytettyjä  
tekijöitä ovat veden suolapitoisuus, maantieteellinen sijainti, aallokon vaikutus ja  
jääpeitteinen aika (FINLEX 2006/1040). Lisäksi tyypittelyssä voidaan ottaa  
huomioon mm. veden syvyys, kerrostuneisuus ja virtausolot. Pintavesien jaotte-  
lussa Suomessa käytettävät tekijät löytyvät vesienhoidon järjestämisestä anne-  
tusta asetuksesta 1040/2006. Tyypittelyä käytetään pohjana vesistöjen ekologi-  
sen tilan luokittelussa, tämän vuoksi vesimuodostuman ja sen valuma-alueen  
ominaisuuksien lisäksi tulisi ottaa huomioon alueen eliöstö, jotta tyypittelystä

tulisi ekologisesti mielekäs. Tyypittelyn tarkoituksena on jakaa vesimuodostumat vertailukelpoiisiin ryhmiin, jotta niiden ympäristötavoitteiden ja ekologisten luokittelukriteerien määrittely olisi järkevää. (Kangas ym. 2003; Vuori ym. 2006; Pilke 2011) Rannikkovesien tyypittelyssä on huomioitu CIS2.4 -työryhmän (EU CIS Coast Guidance 2003) ohjeistus, jolla on pyritty takaamaan rannikkovesityyppien vertailukelpoisuus koko EU:n alueella (Vuori ym. 2006, 18). Tässä työssä käytetyt saaristovyöhykkeiden rajat perustuvat vesienhoidon järjestämisestä annetun lain 7§:n mukaiseen pintavesien tyypittelyyn (kuva 1).

Sisäsaaristossa saaret ovat pääosin suuria ja metsäisiä, saaria erottavat kapeat sokkeloiset salmet ja veden vaihtuvuus on heikkoa. Pintaveden suolapitoisuus on keskimäärin 2 – 6 promillea. Sisäsaaristossa pinta-alasta suurempi osa on tyypillisesti saaria ja avoimia vesialueita on vain vähän. Välisaaristossa veden osuus pinta-alasta kasvaa ja avoimia selkävesiä on enemmän. Suolapitoisuus on noin 5 – 6 ‰. Saaret ovat edelleen pääosin metsäisiä, mutta joukossa on myös karuja puuttomia luotoja. Ulkosaaristossa maisemaa hallitsevat suuret ja syvät selkävedet sekä niiden väliin jäävät saariryhmät. Saaret ovat pääosin pieniä ja puuttomia, mutta osa saarista on myös metsäisiä. Saarien osuus pinta-alasta on pieni ja alue on varsin avoin aallokon vaikutuksille. (Vuori ym. 2006, 20; Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 8)

Itämeri on murtovesiallas, jossa tavataan merilajeja sekä alun perin makeaan veteen sopeutuneita eliölajeja. Suolapitoisuuden vaikutus pohjaeläimistöön on tämän vuoksi erityisen suuri, se vaikuttaa lajien levinneisyyksiin sekä kasvunopeuteen. Itämeren veden suolapitoisuuteen vaikuttaa merkittävästi Pohjanmereltä tulevien suolapulssien voimakkuus ja esiintymistiheys, pulssien vaikutus näkyy myös Saaristomerен suolapitoisuuksissa. (Levinton 2001, 335; Myrberg ym. 2006, 182 – 183; HELCOM 2010, 17 - 18) Suolapitoisuudet vaihtelevat Saaristomerellä eri alueiden ja saaristovyöhykkeiden välillä. Pitoisuudet ovat alhaisimmillaan sisäsaaristossa ja jokisuiden läheisyydessä, ja kasvavat ulkosaaristoa kohti tultaessa. Suolapitoisuudet vaihtelevat myös ajallisesti sekä syvyyden mukaan. Pohjaläheisen vesikerroksen suolapitoisuudet ovat korkeampia ympäri vuoden. Saaristomerен suolapitoisuuksia on tutkittu jo pitkään,



Seilin saarella sijaitseva Saaristomeren tutkimusasema on jo 1960 -luvulta lähtien mitannut suolapitoisuuksia sekä siinä tapahtuneita muutoksia. (Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 11)

Saaristomerta halkovat syvät itä-länsi- ja etelä-pohjoissuuntaiset kallioperän murren muodostamat syvänealueet. Syvänealueita pitkin kulkevat virtaukset lisäävät veden vaihtuvuutta. Tämän vuoksi Saaristomerellä ei juuri ole havaittu happikatoja syvillä pohjilla. Sen sijaan alusveden happivajasta esiintyy yleisesti saariston matalammilla (alle 45 m syvillä) sulkeutuneilla syvänealueilla. Näillä alueilla veden lämpötilakerrostuneisuus on voimakasta, ja runsas orgaanisen aineksen hajoaminen kuluttaa happea. (Myrberg ym. 2006, 53 - 54; Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 8 – 9, 26)

Saaristomeren ja koko Itämeren suurin yksittäinen ongelma on rehevöityminen (Leppäranta & Myrberg 2009, 310; Pawlak ym. 2009, 3; Bäck ym. 2010, 64). Suurin osa Saaristomerta kuormittavista ravinteista on peräisin valuma-alueelta tulevasta hajakuormituksesta. Saaristomeren valuma-alueen pinta-alasta kolmannes on peltoa ja hieman vajaa kaksi kolmasosaa metsää (Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 7). Hajakuormitukseksi kutsutaan maa- ja metsätalouden, haja-asutuksen jätevesien ja ilmalaskeuman aiheuttamaa kuormitusta (Tirri ym. 2006, 212).

Maatalous on ylivoimaisesti suurin yksittäinen ravinnekuormituksen aiheuttaja. Vuosina 2005 - 2009 Saaristomereen päätyneestä fosforista noin 64 % ja typpeä 37 % oli maataloudesta lähtöisin. (Pawlak ym. 2009, 5; Bäck ym. 2010, 75; Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 15) Metsätalouden osuus kokonaiskuormituksesta on vähäinen. Haja-asutuksen jätevesillä voi olla paikallisesti vaikutusta vedenlaatuun, mutta myös sen osuus kokonaiskuormituksesta on pieni ja tulee tulevaisuudessa lainsäädännön tiukentumisen myötä vähenemään entisestään. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2008; HELCOM 2010, 63; Ympäristöministeriö 2011, 10) Ilmalaskeuman osuus varsinkin ulkosaaristoon kohdistuvasta ravinnekuormituksesta on merkittävä. Suurin osa ilmalaskeumasta on peräisin muualta Euroopasta, mutta varsinkin typpeä voi päätyä mereen merkittäviä määriä myös paikallisen teollisuuden ja vesi-

liikenteen päästöistä. (Leppäranta & Myrberg 2009, 310; HELCOM 2010, 63; Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 19) Edellä mainittujen tekijöiden lisäksi hajakuormitusta kulkeutuu mereen mm. luonnonhuuhtouman, veneilyn ja muun vesien virkistyskäytön seurauksena (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2008; Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 20).

Ravinteita kulkeutuu mereen monista eri lähteistä. Pistekuormituksella tarkoitetaan päästöjä, jotka ovat peräisin tarkoin määriteltävissä olevasta lähteestä, kuten teollisuuslaitoksista, jätevedenpuhdistamoilta tai kalanviljelylaitoksilta. Tämän tyyppisten päästöjen rajoittaminen on helpompaa kuin hajakuormituksen. (Tirri ym. 2006, 545; Bäck ym. 2010, 75; Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 14) Yhdyskuntien jätevedet kuormittavat Saaristomerellä etenkin kaupunkien lähivesiä. Jätevesien osuus fosforikuormituksesta on noin 4 % ja typpikuormituksesta 8 %. Jätevesien puhdistaminen tehostuu koko ajan, ja niiden aiheuttama kuormitus tulee tulevaisuudessa pienenevänsä entisestään. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2008; HELCOM 2010, 78; Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 23) Muita pistekuormittajia ovat mm. teollisuus ja kalankasvatus, jotka voivat olla paikallisesti merkittäviä ravinnekuormittajia. Kalankasvatuksen vaikutuksia voidaan vähentää merkittävästi laitosten oikealla sijoittelulla (Ojanperä ym.; Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2012).

Varsinaisen kuormituksen lisäksi ravinteita vapautuu veteen pohjasedimenteistä. Ilmiötä kutsutaan sisäiseksi kuormitukseksi. Pohjasedimentteihin kulkeutuu ravinteita sinne vajoavan aineksen mukana. Sedimentin kyky sitoa ravinteita on pitkälti sidoksissa happipitoisuuteen. Happi kykenee muuttamaan sedimentin pinnassa olevan pelkistyneen raudan rautaoksideiksi, jotka sitovat fosforia tehokkaasti. Merialueilla sisäistä kuormitusta lisäävät luonnostaan korkeat rikkisulfaattipitoisuudet. Hapettomissa oloissa sulfaatti pelkistyy, ja reaktiossa syntyvät sulfidit pelkistävät rautaoksideoja, aiheuttaen näin rautaan sitoutuneen fosforin vapautumista. Samalla syntyy rautasulfideja, joista rauta ei enää pysty vapautumaan veteen. Tämän takia merellä saattaa hapettomissa olosuhteissa

esiintyä korkeita fosforipitoisuuksia ja alhaisia rautapitoisuuksia yhden aikaisesti. Raudan puutteen vuoksi ei pelkkä happitilanteen parantuminen riitä fosforin sitoutumiseen pohjasedimentteihin. Sisäinen kuormitus on eräänlainen kierre, joka ruokkii itse itseään. Lisääntyneet ravinteet kasvattavat perustuotantoa, joka johtaa sedimentoituvan aineksen määrän kasvuun. Hajotessaan orgaaninen aines kuluttaa happea, joka aiheuttaa syvänteissä happivajaus. Happivajaus taas johtaa fosforin vapautumiseen sedimenteistä. Veden kerrostuneisuuden purkautuessa vapautuu fosfori levien käyttöön. Itämeren pääaltaan syvänteissä pysyvä suolakerrostuneisuus ja siitä johtuvat happikadot aiheuttavat sisäistä kuormitusta, joka on merkittävä tekijä koko Itämeren rehevöitymisessä. (Leppäranta & Myrberg 2009, 311 – 312; Bäck ym. 2010, 242 - 243; HELCOM 2010, 66; Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 25)

Suurin osa Saaristomereen päätyvästä kiintoaine- ja ravinnekuormituksesta kulkeutuu mereen jokien tuomana. Valuma-alueen keskivirtaamaltaan neljä suurinta jokea ovat Paimion-, Aura-, Uskelan- ja Kiskonjoki. Myös Raison – Ruskonjoki, Halikonjoki ja Mynälahteen laskevat Laajoki ja Mynäjoki kuljettavat mereen suuria määriä ravinteita sekä kiintoainesta. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2008)

Paimionjoki ja Aurajoki ovat virtaamissa ja valuma-alueiden koossa mitattuna suurimmat Saaristomereen laskevista joista. Niiden mukana myös kulkeutuu valtaosa valuma-alueilta peräisin olevista ravinteista ja kiintoaineista. Paimionjoen keskivirtaama on 7,2 m<sup>3</sup>/s (mitattu Juvankoskesta, virtaamatiedot 1980 - 2005) ja valuma-alueen pinta-ala 1088 km<sup>2</sup>. Paimionjoki kuljettaa mereen vuosittain 59 tonnia fosforia ja 782 tonnia typpeä (keskiarvo 2000 - 2005). (Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta 2011; Lounais-Suomen ympäristökeskus 2007) Aurajoen keskivirtaama on 7,4 m<sup>3</sup>/s (mitattu Halistenkoskesta, virtaamatiedot 1980 – 2005) ja valuma-alueen pinta-ala 874 km<sup>2</sup>. Aurajoki kuljettaa mereen vuosittain noin 47 tonnia fosforia ja 635 tonnia typpeä vuosittain. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2007)

Paimionjoki laskee Paimionlahden perukkaan. Paimionlahti muodostaa yhdessä Peimarin kanssa pitkän ja kapean sisämaahan työntyvän lahtialueen. Paimion-

lahden perukka on matala, mutta lahden keskivaiheilla sijaitsevalla syvänealueella syvyyttä on enimmillään noin 50 metriä. Loppukesällä syvänteissä ilmenee happivajausa pitkään jatkuneen lämpötilakerrostuneisuuden seurauksena. Happivajaus aiheuttaa sisäistä kuormitusta vapauttaen ravinteita pohjasedimentistä. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2007; Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 78) Pintaveden ravinnepitoisuudet ovat tyyppillisesti korkeita, koska Paimionjoesta mereen virtaava makea vesi ja sen mukanaan tuomat ravinteet eivät sekoitu raskaampaan suolapitoiseen meriveteen. Paimionlahti luokitellaan ekologiselta tilaltaan tyydyttäväksi ja fosfori- ja asklorofyllipitoisuuksien perusteella reheväksi merialueeksi. (Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 78) Suurin osa ravinteista ja kiintoaineesta tulee lahteen Paimionjoen kuljettamana, mutta myös lahden omalta valuma-alueelta päätyy mereen merkittäviä määriä ravinteita ja kiintoainesta. Aluetta kuormittaa myös haja-asutuksen ja jätevedenpuhdistamoilta johdetut puhdistetut jätevedet, mutta niiden osuus kokonaiskuormituksesta ei ole merkittävä.

Mynälahteen laskevat Mynä- ja Laajoki ovat alueen keskisuurista joista tämän tutkimuksen kannalta merkityksellisimmät. Jokien mukana kulkeutuu valtaosa Mynälahdelle kohdistuvasta kiintoaine- ja ravinnekuormituksesta. Suurin osa kuormituksesta on peräisin maatalouden päästöistä. Mynäjoen keskivirtaama on 2,5 m<sup>3</sup>/s ja valuma-alueen koko 288 km<sup>2</sup>. Joen valuma-alueen pinta-alasta noin neljännes on peltoa. Laajoen keskivirtaama on 3,1 m<sup>3</sup>/s ja valuma-alue on pinta-alaltaan 393 km<sup>2</sup>. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2007; Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 66 - 70)

Mynälahden keskisyvyys on noin 5 metriä ja veden vaihtuvuus hidasta. Mynälahti luokitellaan kokonaisfosforipitoisuuksien perusteella reheväksi. Lahtialueen sisäosa on ekologiselta tilaltaan välttävä ja ulko-osan tila on luokiteltu tyydyttäväksi. (Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta 2011b; Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 66 - 70). Mynälahti on valtakunnallisesti ja kansainvälisestikin merkittävä lintujen tarkkailu- ja suojelukohde. Lahden pohjukka kuuluu Natura 2000 -verkostoon linnuston erityissuojelualu-

ena. (Metsähallitus 2006; Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 66)

Pohjaeläimillä tarkoitetaan selkärangattomia eliöitä, jotka ainakin jossakin elinvaiheessaan elävät vesistöjen pohjalla. Pohjaeläimet ovat tärkeä osa vesistöjen ravintoketjua, ne ovat monille kaloille ja vesilinnuille tärkeä ravintokohde. Usein pohjaeläimistä puhuttaessa tarkoitetaan nimenomaan makropohjaeläimistöä, eli paljaalla silmällä erotettavissa olevia pohjaeläimiä. (Mackie 2001, 248 - 251)

Pohjaeläimet ovat hyviä veden laadun ja ympäristön likaantumisen indikaattoreita. Lajistossa, yksilötiheyksissä ja lajien välisissä suhteissa tapahtuvat muutokset ovat yleensä voimakkaasti sidoksissa ympäristössä tai veden laadussa tapahtuviin muutoksiin. Pohjaeläimet ovat verrattain pitkäikäisiä sekä paikallaan pysyviä, jonka vuoksi ne ilmentävät ympäristössä tapahtuvia muutoksia monia muita biologisia muuttujia paremmin. Pohjaeläinten taksonomiasta ja eri lajien tai lajiryhmien suhtautumisesta eri ympäristömuuttujiin on varsin paljon tietoa. Lisäksi näytteenottoon on kehitetty yleisesti käytössä olevat standardoidut näytteenottomenetelmät, joiden vuoksi tuloksien vertailu on helppoa. Pohjaeläinten näytteenotossa tarvittavat välineet ovat suhteellisen edullisia ja helppoja käyttää. Kuitenkin luotettavien ja tarkkojen runsausarvioiden tekemiseksi tulee näytteitä ottaa suuria määriä pohjaeläinten laikuttaisen esiintymisen vuoksi. Näytteiden suuri lukumäärä nostaa helposti näytteenoton kustannuksia. (Rosenberg ym. 2001; Mackie 2001, 248 – 249)

Pohjaeläimistöllä on nykyään keskeinen osa arvioitaessa ympäristön tilaa ja kun tehdään vesipuitedirektiivin mukaisia vesistöjen ekologisen tilan laatuluokituksia. Usein luokittelussa käytetään pohjaeläimistöstä laskettavia indeksejä, jotka ottavat huomioon pohjaeläinten yksilötiheyksien lisäksi eri ympäristömuuttujia, kuten syvyyden ja saaristotyyppin. Eri vesistötyyppien luokittelussa käytetään erilaisia muuttujia, joiden tukena yleensä käytetään veden laadusta tehtävää kokonaisarviota (ravinteet, happipitoisuus ym.). Rannikkovesien ekologisen tilan luokittelussa käytetään esimerkiksi muuttujina pohjaeläimistöstä laskettavaa BBI -indeksiä, a-klorofyllin määrää sekä rakkolevien esiintymissyvyyden alarajaa. (Nöjd ym. 2005; Vuori ym. 2009, 11 – 13, 35, 38 – 39)

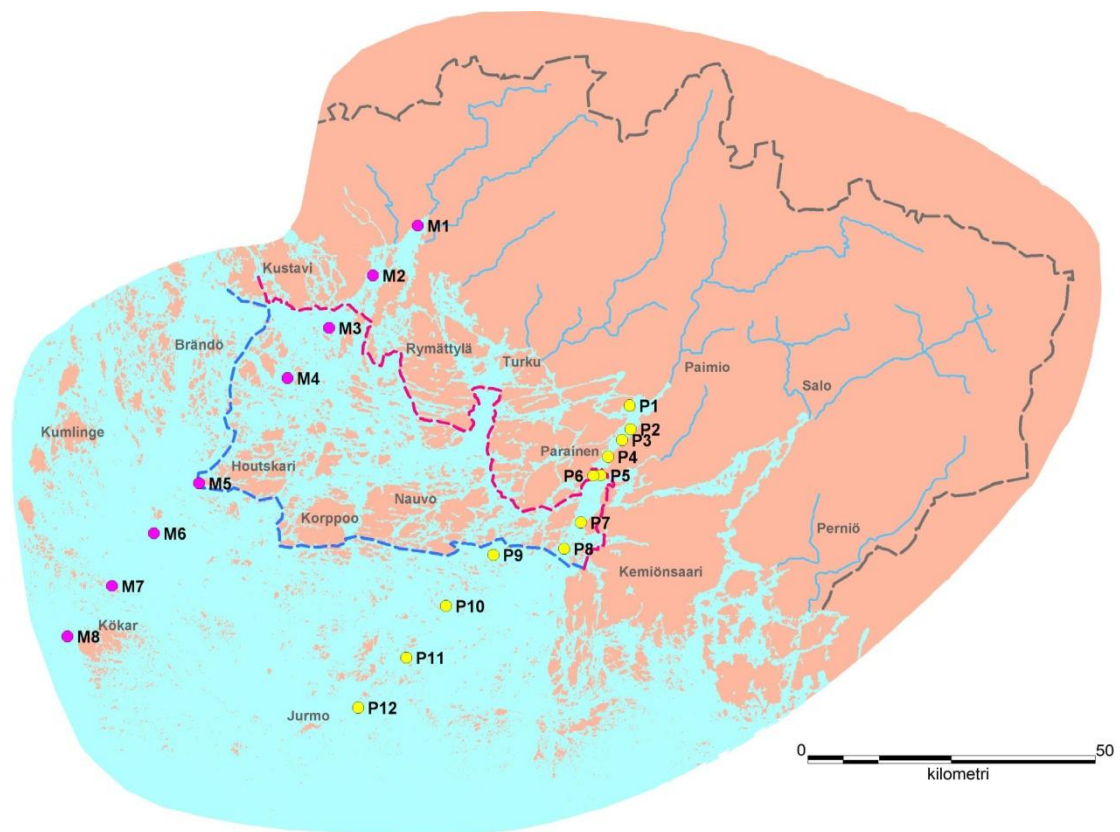
Eri ympäristötekijöiden vaikutusta pohjaeläinten esiintymiseen on tutkittu varsin paljon. Rehevöityminen on suurin Itämeren uhkaava tekijä, ja kaikkia sen vaikutuksia lajien esiintymiseen ja niiden välisiin suhteisiin ei vielä tunneta. Lajien esiintymisessä tapahtuu myös luontaista ajallista vaihtelua, johon vaikuttaa ennen kaikkea veden suolapitoisuuden vaihtelut. Rehevöitymisen seurauksena on liejusimpukoiden (*Macoma baltica*) havaittu runsastuneen etenkin ulkosaaristossa, kun taas valkokatkat (*Monoporeia affinis*, *Pontoporeia femorata*) ovat vähentyneet ja niiden esiintyminen painottuu entistä voimakkaammin ulkosaa-ristoon. Lisäksi tulokaslaji *Marenzelleria* -monisukasmadon on havaittu lisääntyneen voimakkaasti viime vuosina. Ilmeisesti se sietää muita pohjaeläimiä paremmin alhaisia happipitoisuuksia. (Bonsdorff ym. 1997; Bonsdorff ym. 2003; Norkko ym. 2011; Rousi ym. 2011) O'Brien ym. (2003) tutkivat ympäristömuuttujien vaikutuksen ohella sitä, oliko pohjaeläimistön esiintymisessä nähtävissä vyöhykkeisyyttä Saaristomerellä. Lisäksi he pyrkivät saamaan selville mitkä ympäristötekijät vaikuttavat vyöhykkeisen esiintymisen syntyyn.

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää saariston vyöhykkeisyyden vaikutusta pohjaeläinten esiintymiseen. Lisäksi pyrittiin tutkimaan veden laadun ja muiden ympäristömuuttujien, kuten pohjan laadun ja syvyyden vaikutusta pohjaeläinten yksilötiheyksiin, biomassoihin ja lajimääriin. Työssä saadut tulokset parantavat kuvaa Saaristomerен pohjaeläimistön tilasta ja tuovat lisätietoa ajallisesta ja alueellisesta vaihtelusta.

## 2 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1 Tutkimusalue

Näytepisteiden valinnassa käytettiin SAMBAH -pyöriästudkimushankkeen (Static Acoustic Monitoring of the Baltic Sea Harbour Porpoise) käyttämää, koko Itämeren kattavaa satunnaislinjastoa. Linjastoa täydennettiin lisäämällä näytepisteitä systemaattisesti sisä- ja välisaariston kattavuuden parantamiseksi. Näytelinjoiksi valittiin Mynälahdelta Kōkariin ja Paimionlahdelta Jurmoon ulottuvat linjastot, näin eri saaristovyöhykkeille saatiin suunnilleen yhtä monta näytepistettä (kuva 1). Mynälahti - Kōkar -linjalla sisäsaaristovyöhykkeellä on vain kaksi näytepistettä, koska välisaariston raja ulottuu aivan Mynälahden suuaukolle.



Kuva 1. Tutkimusalueen kartta. Sisäsaariston ulkoraja on merkitty karttaan punaisella ja välisaariston ulkoraja sinisellä katkoviivalla. Näytepisteet on merkitty karttaan pistein (P1 - P12= Paimionlahti – Jurmo, M1 - M8= Mynälahti - Kōkar - näytelinjasto). (Mapinfo Professional 10.5.2. 2010. karttapohjat: Juha Niemi)

Paimionlahdella ja Peimarilla (Paimionselkä) valmis satunnaislinjasto kulki pääosin maalla. Samaan aikaan tätä tutkimusta varten tehdyn näytteenoton kanssa kerättiin pohjaeläinnäytteitä Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle. Tämän vuoksi päädyttiin sisä- ja välisaariston näytepisteet (pisteet P1 – P8) arpomaan saaristovyöhykkeittäin satunnaistaen ELY -keskuksen käyttämistä 20 näyteasemasta. Näiden pisteiden tuloksia on vertailtu ELY -keskuksen vuonna 2009 tekemän näytteenoton tuloksiin.

## 2.2 Näytteenotto ja aineiston käsittely

Näytteenotossa noudatettiin siihen sovellettavissa olevia standardeja ja ympäristöhallinnon ohjeita (SFS 1989; Kantola ym. 2001).

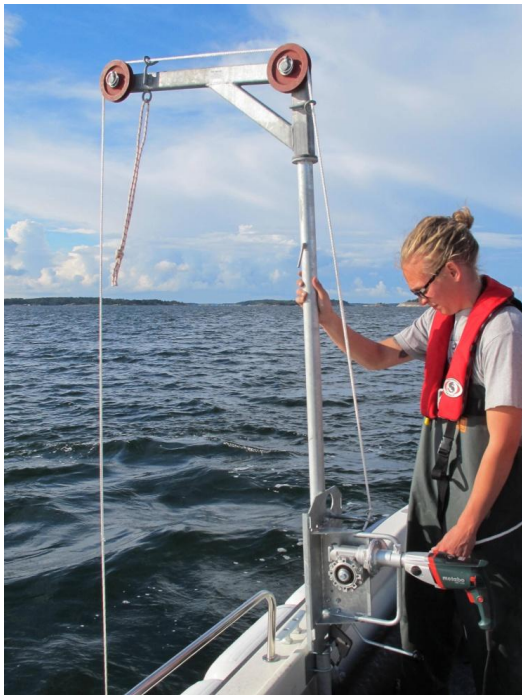
### 2.2.1 Pohjaeläimet

Pohjaeläinnäytteiden keräämiseen käytettiin Van Veen -pohjanoudinta, jonka pinta-ala on 1000 cm<sup>2</sup> ja tilavuus noin 15 litraa (kuva 2). Jokaiselta näytepisteeltä otettiin yksi näyte. Näytteenotin painaa täytenä noin 60 – 80 kg. Näytteenotossa käytettiin vinssiä sekä kääntyvää puomia, jotta näyte saatiin turvallisesti ja helposti aluksen laidan sisäpuolelle (kuva 3). Näytteenotontiedot ja pohja laatu ym. tiedot löytyvät liitteistä 1 ja 2.





Kuva 2. Van Veen -pohjanoudin.



Kuva 3. Näytteenotossa käytetty vinssi ja puomi.

Näytteet seulottiin maastossa 0,5 mm silmäkoon seulalla ja säilöttiin 94 % etanoliiin (ETAX A16) myöhempää käsittelyä varten. Seulotuista näytteistä pohja-eläimet poimittiin lasipurkkeihin, joihin merkittiin näytteiden tiedot (nimi, päivämäärä, syvyys ja seulakoko). Tarvittaessa poiminnassa käytettiin apuna suurenuslasia tai preparointimikroskooppia.

Pohjaeläimet pyrittiin määrittämään lajitasolle, joidenkin ryhmien kohdalla tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista käytettävissä olleen kaluston ja ajan riittämättömyyden vuoksi. Joidenkin lajiryhmien kohdalla pidemmälle määrittäminen ei tuonut työhön merkittävää lisäarvoa ja virheelliset määritykset saattaisivat vääristää tuloksia ja niistä laskettavia indeksejä. Pohjaeläimet laskettiin ja niiden märkäpaino punnittiin taksonieittain 0,01 g:n tarkkuudella.

Pohjaeläinten määrityksessä käytettiin seuraavia teoksia ja julkaisuja: Hutri (1991), Enckell (1980), Nilsson (1996), Lepneva (1970), Backer ym. (2004)., Wallace ym. (1990).

### 2.2.2 Indeksit

Aineistosta laskettiin murtovesien pohjaeläimistön tilaa kuvaava BBI -indeksi (Brackish water Benthic Index). Indeksien laskemiseksi tuli aineistosta ensin laskea Shannon - Wienerin diversiteetti-indeksi ja BQI -indeksi (Benthic Quality Index). (Magurran 2004, 106 – 107; Perus ym. 2007; Vuori ym. 2009)

Shannon - Wienerin indeksi on käytetyimpiä diversiteetti-indeksejä tutkittaessa eliöyhteisöjen rakennetta ja ominaispiirteitä sekä lajien suhteellisia runsauksia (Magurran 2004, 106 - 108; Perus ym. 2007, 250; Vuori ym. 2009, 38).

$$H' = -\sum p_j \log p_j$$

$H'$  = Shannon-Wienerin indeksi

$p_j$  = lajin suhteellinen osuus näytteessä

BQI -indeksi (Benthic Quality Index) ottaa huomioon lajien runsaudet sekä kokonaislukumäärän näytteessä. Lisäksi indeksin laskennassa käytetään eri lajeille tai pohjaeläinryhmille määritettyjä ympäristöstressin sietoarvoja (1, 5, 10 tai 15, liite 3). Mitä pienempi arvo, sitä paremmin eläin sietää huonoja olosuhteita ja muuta ympäristöstressiä.

$$BQI = \left[ \sum_{i=1}^S \left( \frac{N_i}{totN} \times ES50_{0.05i} \right) \right] \times \log 10 (S + 1)$$

N = lajin tiheys (yks.m<sup>2</sup>)

totN = lajien kokonaisuksilömäärä näytteessä (yks./m<sup>2</sup>)

ES50 = lajin tai taksonin sietokykyarvo (1, 5, 10 tai 15)

S = taksonien lukumäärä näytteessä

BBI -indeksi (Brackish water Benthic Index) on kehitetty kuvaamaan erityisesti rannikon pehmeiden pohjien tilaa. Indeksien oletuksena on, että lajien monimuotoisuus pienenee ympäristöstressin kasvaessa. Indeksillä on sovitettu Itämeren olosuhteisiin, siinä otetaan huomioon Itämeren luonnostaan alhainen pohja-eläindiversiteetti ja syvyyden vaikutus lajistoon. (Perus ym. 2006; Perus ym. 2007, 254; Vuori ym. 2009, 38) Lisäksi indeksi huomioi eri lajien ympäristöstressin sietokyvyn ja näytteessä havaittujen lajien lukumäärän. Indeksillä on portaaton ja soveltuu edellä mainittujen tekijöiden vuoksi erityisen hyvin vesien ekologisen tilan luokitteluun. Indeksissä on eri saaristotyypeille asetettu omat raja-arvonsa. (Vuori ym. 2009, 38) Indeksillä saa arvon väliltä 0 – 1. Ekologista laatusuhdetta kuvaavat arvot (ELS) saadaan jakamalla lasketut BBI -indeksin arvot saaristotyyppi- ja syvyysvyöhykekohtaisilla vertailuarvoilla (liite 4).

$$BBI = \left[ \frac{(BQI/BQI_{max}) + (H'/H'_{max})}{2} \right] \times \left[ \frac{(1 - 1/AB_{tot}) + (1 - 1/S)}{2} \right]$$

BQI = Benthic Quality Index

BQI<sub>max</sub> = tyypeittäin ja syvyysluokittain korkein BQI -arvo (ks. liite 4)

H' = Shannon - Wienerin indeksi (log<sub>2</sub> -muunnos)

$H'_{max}$  = tyypeittäin ja syvyysluokittain korkein  $H'$  -arvo (ks. liite 4)

$AB_{tot}$  = kokonaistiheys (yks./m<sup>2</sup>) näytteenottokerralla

$S$  = taksonien lukumäärä näytteessä

### 2.2.3 Vedenlaatu

Pohjanläheiset vesinäytteet otettiin metrin etäisyydeltä pohjasta käyttäen Limnos -vesinäytteenotinta. Näytteet säilöttiin muovipulloihin, jotka säilytettiin viileässä valolta suojattuna. Näytteet vietiin analysoitaviksi mahdollisimman nopeasti näytteenotosta palaamisen jälkeen. Määritykset teki Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy.

Näytteistä analysoitiin kokonaisfosforipitoisuus. Kokonaisfosforipitoisuutta käytetään yleisesti luokiteltaessa vesistöjen rehevyyttä (Mackie 2001, 133; Kalff 2002, 247). Se on yleensä tärkein yksittäinen perustuotantoa säätelevä tekijä (Wetzel 2001, 240; Mackie 2001, 135). Muita luokittelussa käytettyjä suureita ovat a-klorofyllipitoisuus ja planktonlevien biomassa. Käytetyt rehevyystasojen raja-arvot vaihtelevat eri lähteissä, tässä työssä on käytetty alueellisen ympäristökeskuksen merialueella käyttämiä raja-arvoja (taulukko 1).

Taulukko 1. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen merialueilla käyttämä rehevyyssluokitus (Alahuhta 2008, 10).

Rehevyystaso	Kokonaisfosforipitoisuus (µg/l)	a-klorofylli (µg/l)
Karu	< 12	< 2
Lievästi rehevä	12 - 23	2 - 5
Rehevä	23 - 60	5 - 25
Erittäin rehevä	> 60	> 25
Ylirehevä	> 100	> 50

Muiden vedenlaatutietojen mittaamiseen käytettiin YSI 6600 -sarjan moniparametrimittalaitetta (kuva 4). Mittaukset tehtiin metrin etäisyydeltä pohjasta ja pinnasta. Mittalaitteella voidaan mitata veden lämpötilaa, pH:ta, sameutta, sähköjohtokykyä sekä happi-, suola-, klorofylli- ja sinilevöpitoisuuksia. Tässä työssä tarkastellaan erityisesti lämpötilaa sekä happi- ja suolapitoisuuksia (valmistajan ilmoittamat anturien mittaustarkkuudet taulukossa 2).

Lisäksi näytepisteiltä mitattiin näkösyvyys käyttäen halkaisijaltaan 30 cm olevaa Secchi -levyä. Osalla näytepisteistä mittausta ei tehty kovan aallokon ja sateen vuoksi. Levien ja kiintoaineen määrä vaikuttavat suoraan veden läpinäkyvyyteen, jonka takia näkösyvyys ja sen muutokset kertovat epäsuorasti vesistön rehevöitymisestä. Näkösyvyyttä mittaamalla pystytään myös helposti määrittämään tuottavan vesikerroksen alarajan syvyys. (HELCOM 2010, 69 - 71)

Taulukko 2. Valmistajan ilmoittamat anturien tarkkuusarvot (YSI Inc. 2010).

Parametri	Tarkkuus	Mittausalue	Erottelukyky
Lämpötila (°C)	0,01	-5 - 55	± 0,15
Happipitoisuus (mg/l)	0,01	0 - 50	± 0,1 / 1 %
Suolapitoisuus (‰)	0,01	0 - 70	± 1 % / 0,1ppt



Kuva 4. Veden laadun mittauksissa käytettiin YSI -moniparametrimittalaitetta.

### 2.3 Tilastomenetelmät

Saariston vyöhykkeisyyden vaikutusta pohjaeläimien kokonaistiheyksiin, -biomassoihin ja taksonien lukumäärään testattiin yksisuuntaisella ANOVA -varianssianalyysillä (SPSS 2007). Lisäksi testattiin erikseen vyöhykkeisyyden vaikutusta liejusimpukan (*Macoma baltica*), valkokatkojen (*Monoporeia affinis*, *Pontoporeia femorata*) ja *Marenzelleria* -monisukasmadon yksilötiheyksiin ja biomassoihin.

Tutkimuksessa Paimionlahti – Jurmo -linjaston näytepisteiltä saatuja tuloksia verrattiin Elinkeino-, liikenne, ja ympäristökeskuksen vuonna 2009 tekemän pohjaeläinnäytteenoton tuloksiin, jotka löytyivät Hertta- tietokannasta (pisteet P1, P3 - P8). Tuloksien ajallisia muutoksia verrattiin nyt saatuihin yksilötiheys- ja biomassatietoihin käyttäen riippuvien otoksien parittaista t-testiä (SPSS 2007). Tärkeimpien lajien, liejusimpukan (*Macoma baltica*), valkokatkan (*Monoporeia affinis*) ja *Marenzelleria* -monisukasmadon yksilötiheyksien ajalliset muutokset testattiin erikseen.

Näytelinjastojen tuloksia verrattiin toisiinsa käyttäen riippumattomien otoksien t-testiä. (SPSS 2007) Testit suoritettiin yksilötiheyksille, biomassoille ja lajimäärille. Tilastollisten analyysien tekemiseen käytettiin SPSS (2007) Statistics 17.0.1 -ohjelmaa (SPSS Inc. 2007).

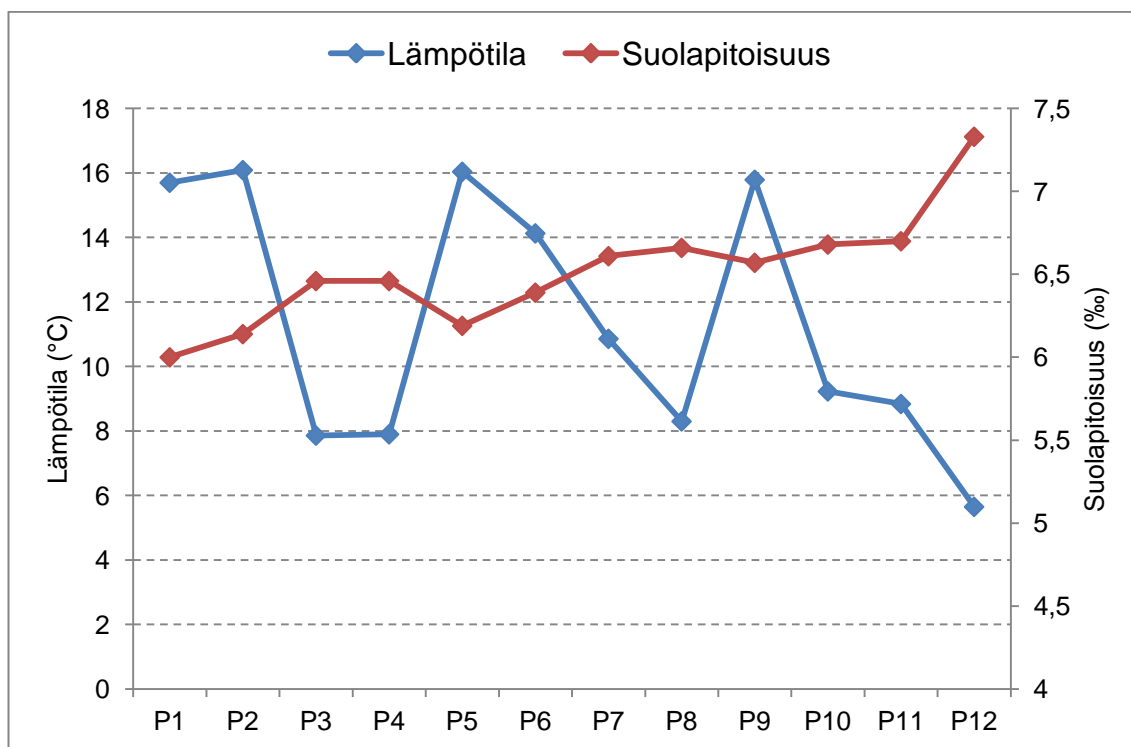
Ympäristömuuttujien ja lajien esiintymisen yhteyttä pyrittiin selvittämään monimuuttuja-analyysin avulla. Testaamiseen käytettiin kanonista korrespondenssi-analyysia (CCA, Canonical Correspondence Analysis). Analyysissa tutkitaan samanaikaisesti ympäristömuuttuja- sekä lajiaineistoja ja siinä yhdistyvät testausmenetelmistä regressio- ja ordinaatio. CCA on niin sanottu suora gradienttianalyysi, jonka oletuksena on että ympäristömuuttujat vaikuttavat lajien esiintymiseen merkitsevästi. Analyysissa ei myöskään oteta huomioon mahdollisia ympäristömuuttujien mittausvirheitä. Analyysia käytettäessä tulisi näytepaikkojen lukumäärän olla selvästi tarkastelussa käytettävien ympäristömuuttujien määrää suurempi. Jos näytteitä on suhteessa ympäristögradientteihin liian vähän, muuttuvat tulokset epäluotettaviksi ja niitä tulee tulkita harkiten. (Jongman ym. 1995, 136 – 143) Aineistolle tehdyn CCA -analyysin tulokset on esitetty kuvioissa 15 ja 16. Monimuuttuja-analyysit tehtiin käyttäen PC-ORD -ohjelmistoa.

### 3 TULOKSET

#### 3.1 Paimionlahti – Jurmo

##### 3.1.1 Vedenlaatu

Näytepisteiltä mitatut suolapitoisuudet vaihtelivat välillä 6,00 – 7,33 ‰, keskiarvon ollessa 6,52 ‰. Pitoisuudet kasvoivat tasaisesti näytelinjastoa ulkosaaristoon päin (kuvio 1). Vesi oli voimakkaasti lämpötilakerrostunutta (pisteet P3, P4, P8 ja P12).

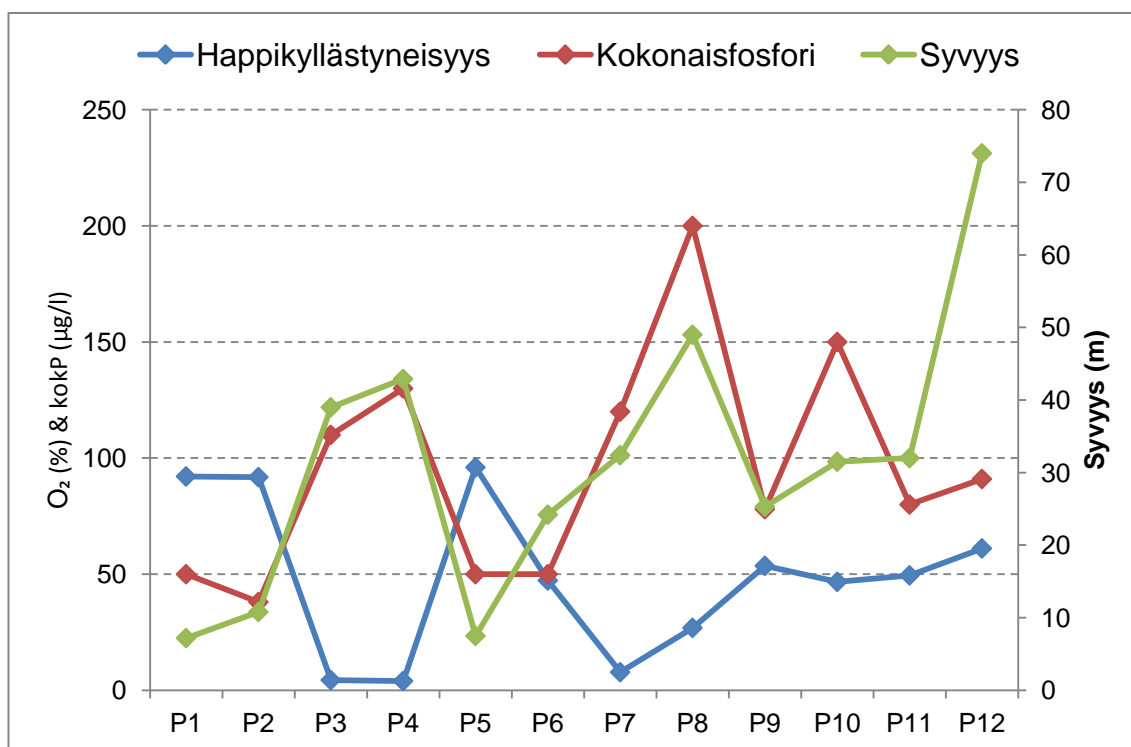


Kuvio 1. Pohjanläheisen veden lämpötilat ja suolapitoisuudet.

Näytepisteillä P3, P4 ja P7 havaittiin voimakasta happivajasta, happipitoisuuksien ollessa pohjan läheisessä vedessä alle 1mg/l. Myös muilla yli 20 metriä syvillä näytepisteillä happipitoisuudet olivat alhaisia, vaihdellen 3,03 – 5,51 mg/l



välillä (kuvio 2) Poikkeuksena linjaston uloin ja kaikkein syvin (74 m) näytepiste P12, jossa mitattu happipitoisuus oli 7,33 mg/l.

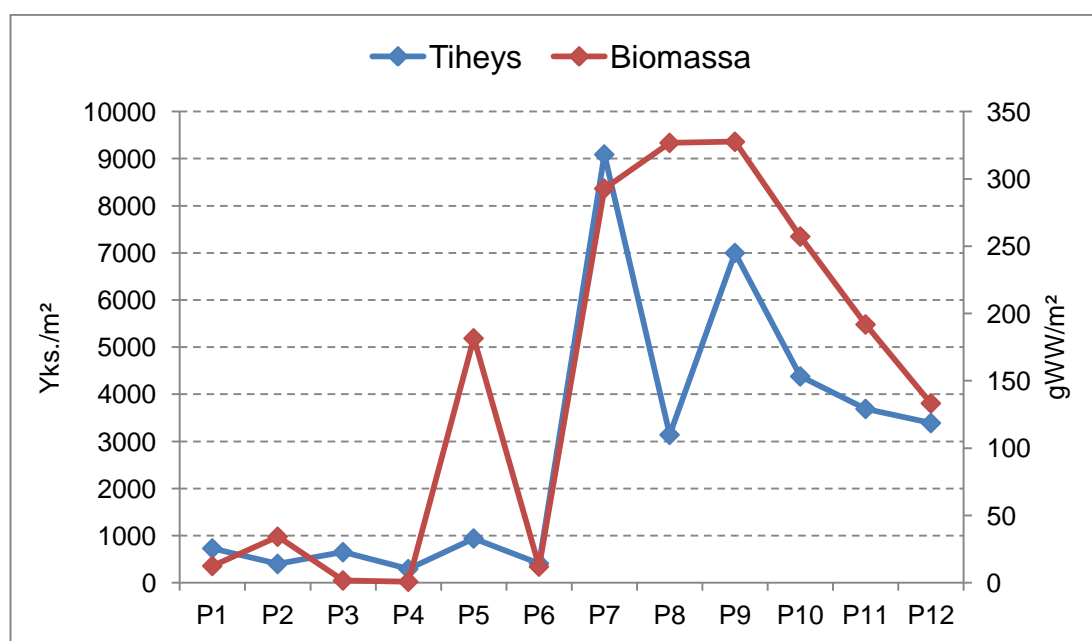


Kuvio 2. Pohjanläheisen veden kokonaisfosforipitoisuus ja happikyllästyneisyys sekä näytepisteiden syvyydet.

Vesinäytteistä analysoidut kokonaisfosforipitoisuudet vaihtelivat välillä 38 – 200 µg/l (kuvio 2) Näytepisteiden fosforipitoisuuksien keskiarvo oli 99,73µg/l. Näytepisteiltä joilta mitattiin alhaisia happipitoisuuksia, havaittiin korkeampia kokonaisfosforipitoisuuksia. Happi- ja kokonaisfosforipitoisuuksia sekä niiden vaikutusta pohjaeläimistöön tarkastellaan yksityiskohtaisemmin tulosten tarkastelu osiossa. Kaikkien mitattujen vedenlaatuparametrien mittaustulokset löytyvät liitteestä 8.

### 3.1.2 Pohjaeläinten yksilötiheydet ja biomassat

Näytteistä laskettiin näytepistekohtaiset pohjaeläinten yksilötiheydet ja biomassat (kuvio 3). Pohjaeläinten keskimääräinen yksilötiheys oli 2843 yks./m<sup>2</sup> ja biomassa 147,70 g/m<sup>2</sup> (märkäpaino). Korkein yksilötiheys 9090 yks./m<sup>2</sup> havaittiin välisaariston pisteellä P7. Suurin pohjaeläinten kokonaisbiomassa 327,6 g/m<sup>2</sup> havaittiin ulkosaariston pisteellä P9. Alhaisin tiheys 290 yks./m<sup>2</sup> sekä biomassa 0,8 g/m<sup>2</sup> havaittiin sisäsaariston pisteeltä P4. Saaristovyöhykkeiden välillä ei havaittu yksilötiheyksissä tilastollisesti merkitsevää eroa ( $F=2,863$ ,  $p=0,109$ ). Sen sijaan pohjaeläimien biomassoissa oli merkitsevä ero ( $F=6,094$ ,  $p=0,021$ ). Näytteistä lasketut yksilötiheydet ja biomassat löytyvät taulukoituina liitteestä 6.



Kuvio 3. Pohjaeläinten yksilötiheydet (yks./m<sup>2</sup>) ja biomassat (g ww/m<sup>2</sup>).

Runsaimpien lajien *Marenzelleria* -monisukasmadon, valkokatkojen (*M. affinis*, *P. femorata*) ja liejusimpukan (*Macoma baltica*) yksilötiheyksiä tarkasteltiin erikseen (kuvio 4). Pohjaeläinten kokonaisyksilömäärästä suurin osa, peräti 67,3 % koostui *Marenzelleria* -monisukasmadoista (kuva 5). Yksilötiheyksissä ei havait-

tu tilastollisesti merkitsevää eroa saaristovyöhykkeiden välillä ( $F=1,694$ ,  $p=0,237$ ). Monisukasmatojen keskimääräinen tiheys oli 1914 yksilöä neliömetrillä ja maksimissaan 8690 yks./m<sup>2</sup>.



Kuva 5. *Marenzelleria* -monisukasmatoja.

Valkokatkat (*Monopoeia affinis*, *Pontoporeia femorata*) muodostivat 11 % ja liejusimpukat (*Macoma baltica*, kuva 6) 10,2 % pohjaeläinten kokonaismäärästä. Valkokatkoja tavattiin vain linjaston viidellä uloimmalla näytepisteellä (P8 – P12). Valkokatkojen keskimääräinen tiheys oli 312 ja maksimitiheys 1180 yksilöä neliömetrillä. Valkokatkojen yksilötiheyksissä havaittiin selvä merkitsevä ero saaristovyöhykkeiden välillä ( $F=10,485$ ,  $p=0,004$ ). Liejusimpukoiden (*Macoma baltica*) keskimääräinen tiheys oli 290 ja maksimitiheys 870 yksilöä neliömetrillä. Saaristovyöhykkeiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa liejusimpukoiden tiheyksissä ( $F=3,452$ ,  $p=0,077$ )..

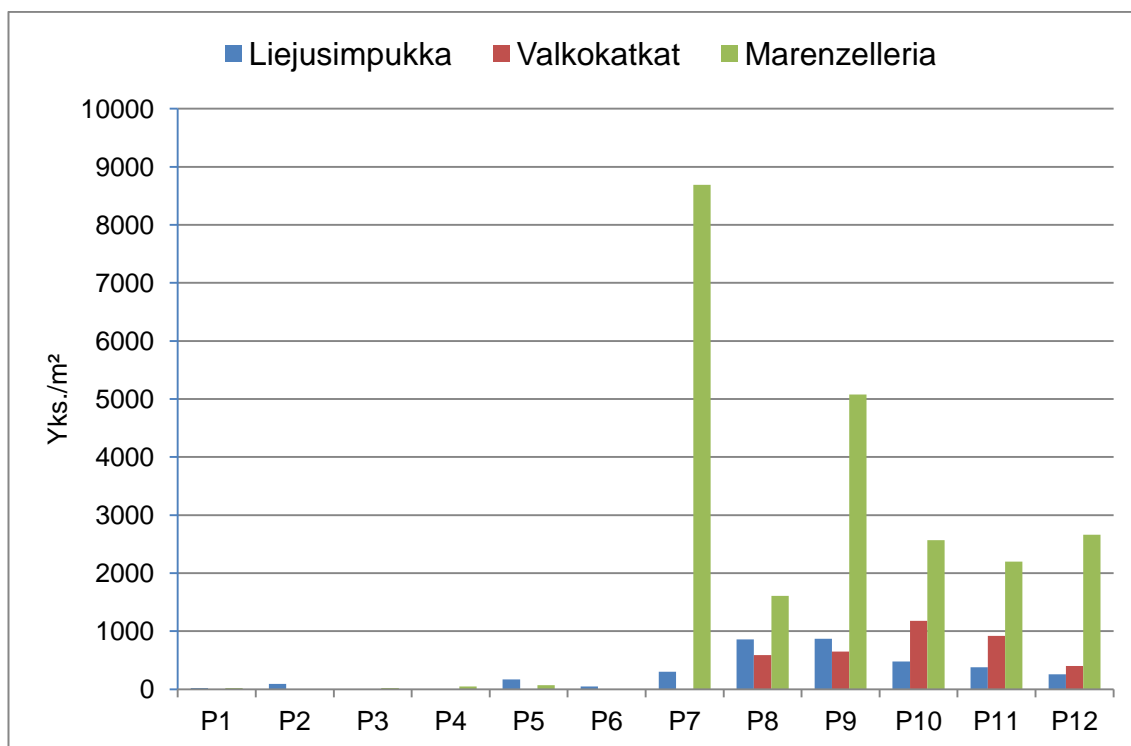
Näytepisteellä P1 selvästi runsain lajiryhmä (530 yks./m<sup>2</sup>) olivat *Chironomus* -suvun surviaissääsken toukat (kuva 7). P1 sijaitsee näytepisteistä sisimpänä saaristossa Harvaluodon saaren itäpuolella (ks. kuva 1).



Kuva 6. Liejusimpukka (*Macoma baltica*).



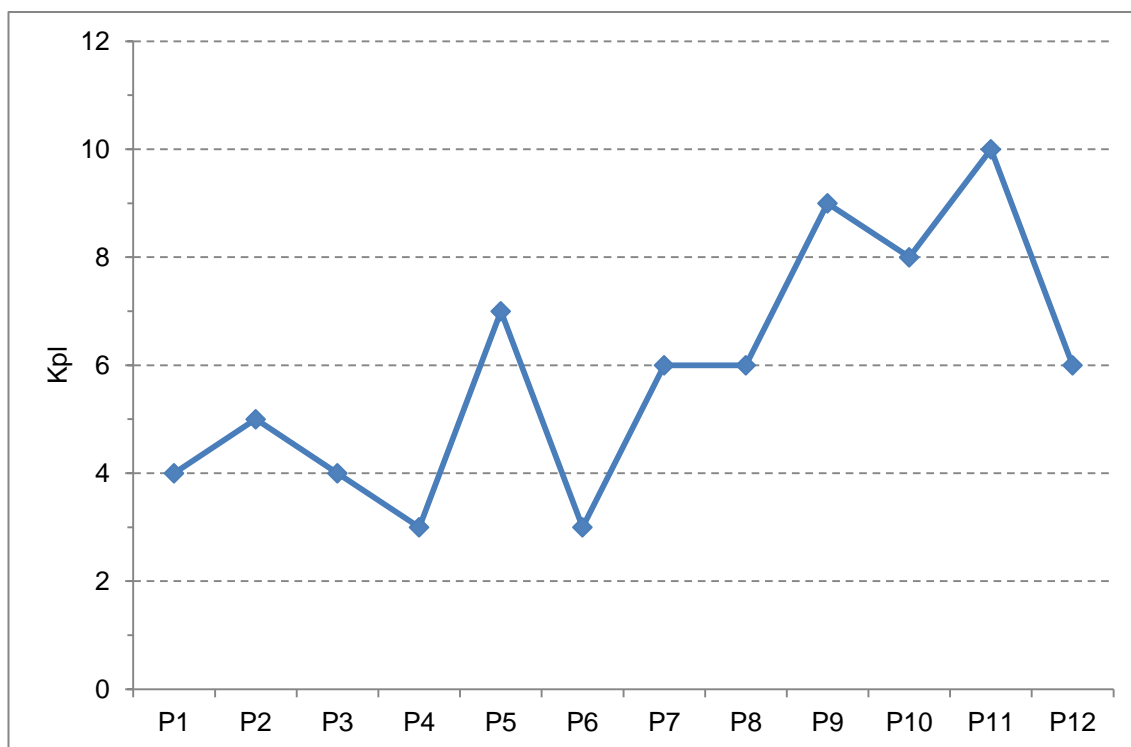
Kuva 7. *Chironomus* -suvun surviaissääskien toukkia.



Kuvio 4. *Marenzelleria* -monisukasmadon, valkokatkojen (*Monoporeia affinis*, *Pontoporeia femorata*) ja liejusimpukan (*Macoma baltica*) yksilötiheydet (yks./m²) Paimiolahti - Jurmo -linjaston näytepisteillä

### 3.1.3 Lajisto

Tässä osiossa lajien lukumäärästä puhuttaessa tarkoitetaan näytteistä määritettyjen taksonien lukumäärää (kuvio 5). Indeksien laskemisessa käytetyt taksonien lukumäärät saattavat poiketa tässä osiossa esitetyistä. Indekseissä monia lajiryhmiä ei tarkastella lajitasolla. Lajien lukumäärät kasvoivat kuljettaessa näytelinjastoa ulkosaaristoa kohti. Lajien lukumäärissä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero saaristovyöhykkeiden välillä ( $F=8,468$ ,  $p=0,009$ ).



Kuvio 5. Lajien lukumäärät.

Molempien näytelinjastojen matalimmilla näytepisteillä tavattiin monisukasma-toihin kuuluvaa merisukasjalkaista (*Hediste diversicolor*, kuva 8).



Kuva 8. Merisukasjalkainen (*Hediste diversicolor*).

Välisaaristovyöhykkeen sisin näytepiste P5 poikkesi muista näytepisteistä pohjan laadultaan, mikä näkyi lajistossa. Hiekkaisella savipohjalla viihtyivät simpukoista liejusimpukan ohella idänsydänsimpukka (*Cerastoderna glaucum*), sinisimpukka (*Mytilus edulis*) ja hietasimpukka (*Mya arenia*). Näytteen runsain laji oli kuitenkin merirokko (*Balanus improvisus*). (kuva 9)



Kuva 9. Näytepisteeltä P5 tavattuja lajeja: idänsydänsimpukka (ylhäällä), merirokko (oikealla) ja hietasimpukka (alhaalla).



Ulkosaariston pisteillä lajisto oli monimuotoisinta. Selvästi ulompaan saaristoon painottuvia lajeja olivat liejusukasjalkainen (*Bylgides sarsi*) ja okamakkaramato (*Halicryptus spinulosus*, kuva 10).

Happivajauksesta kärsiviltä syviltä näytepisteiltä tavattiin *Mysis* -suvun halkoisjalkaisia. Merimassiaista (*Mysis mixta*) tavattiin kolmelta näytepisteeltä (P4, P6, P8) ja jäännemassiaista (*Mysis relicta*) näytepisteillä P7 ja P10. Kaikkien näytepisteiden lajimäärät löytyvät liitteestä 6.

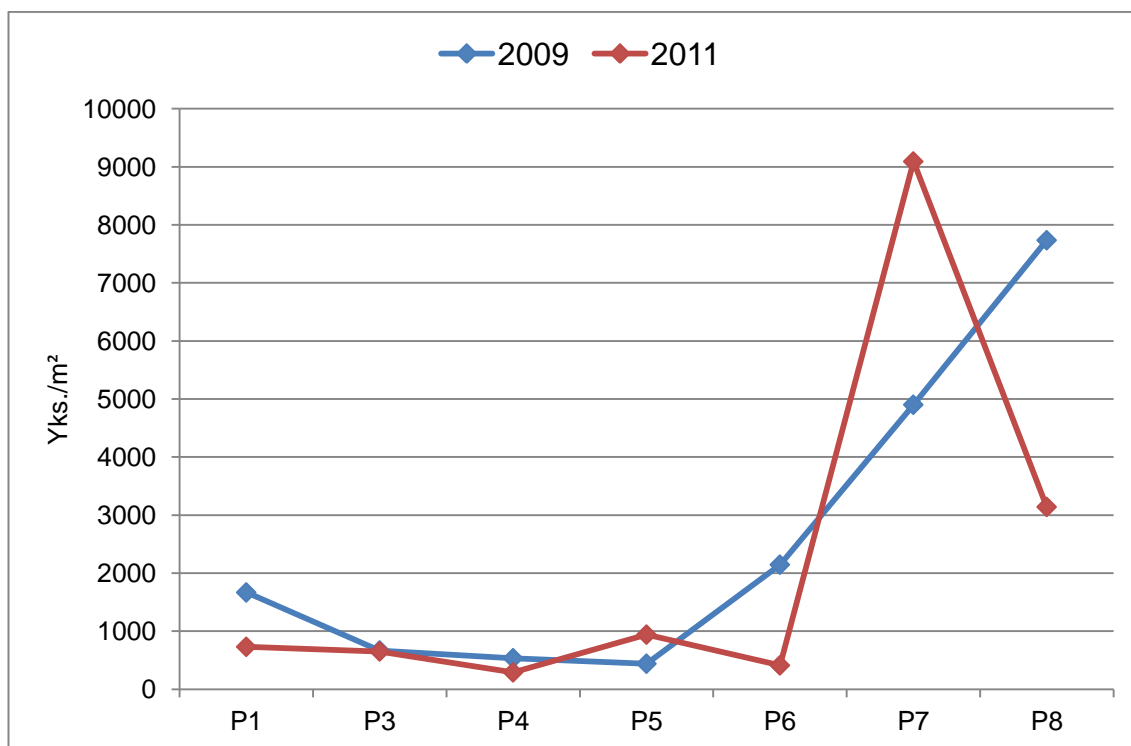


Kuva 10. Okamakkaramato (*Halicryptus spinulosus*).

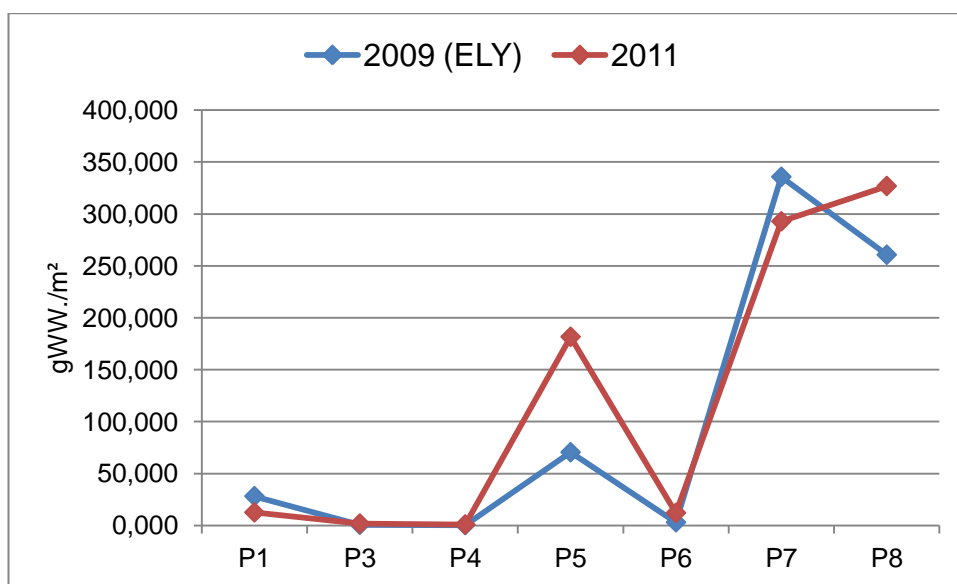
#### 3.1.4 ELY -keskuksen vuoden 2009 tulokset

Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen vuonna 2009 tekemän näytteenoton tulokset löytyivät Hertta -ympäristötietojärjestelmästä. Vuonna 2009 näytepisteeltä P2 (asemanimi: Pala keskiosa U5) ei otettu näytettä, jonka vuoksi nyt saatuja tuloksia vertailtiin vuoden 2009 tuloksiin (kuvio 6 ja 7, liite 7) vain näytepisteiden P1, P3 – P8 osalta. Ajallista muutosta testattiin parittaisen t-testin avulla. Yksilötiheyksissä ( $t= 0,406$ ,  $df=6$ ,  $p=0,699$ ) tai biomassoissa ( $t= 0,933$ ,  $df=6$ ,  $p=0,387$ ) ei havaittu näytteenottojen välillä tilastollisesti merkitsevää eroa.





Kuvio 6. Vuosina 2009 ja 2011 havaitut pohjaeläinten yksilötiheydet.



Kuvio 7. Vuosina 2009 ja 2011 havaitut pohjaeläinten kokonaisbiomassat

Lajikohtaiset muutokset olivat pieniä. Vuonna 2009 *Marenzelleria* -monisukasmatojen osuus lukumäärästä oli 56 %, kun se nyt oli 68 %. Yksilöti-

heyksien keskiarvot olivat 1454 (2009) ja 1491 yksilöä/m<sup>2</sup>. Monisukasmatojen tiheyksissä ei ollut merkitsevää eroa vuosien välillä ( $t= 0,037$ ,  $df=6$ ,  $p=0,972$ ).

Myös muutokset liejusimpukan (*Macoma baltica*) ja valkokatkan (*Monoporeia affinis*) esiintymisessä olivat pieniä. Liejusimpukan (*Macoma baltica*) keskimääräiset yksilötiheydet olivat 281 (v.2009) ja 200 yks./m<sup>2</sup> (v.2011). Tiheyksissä ei havaittu merkitsevää eroa ( $t= 1,243$ ,  $df= 6$ ,  $p= 0,260$ ).

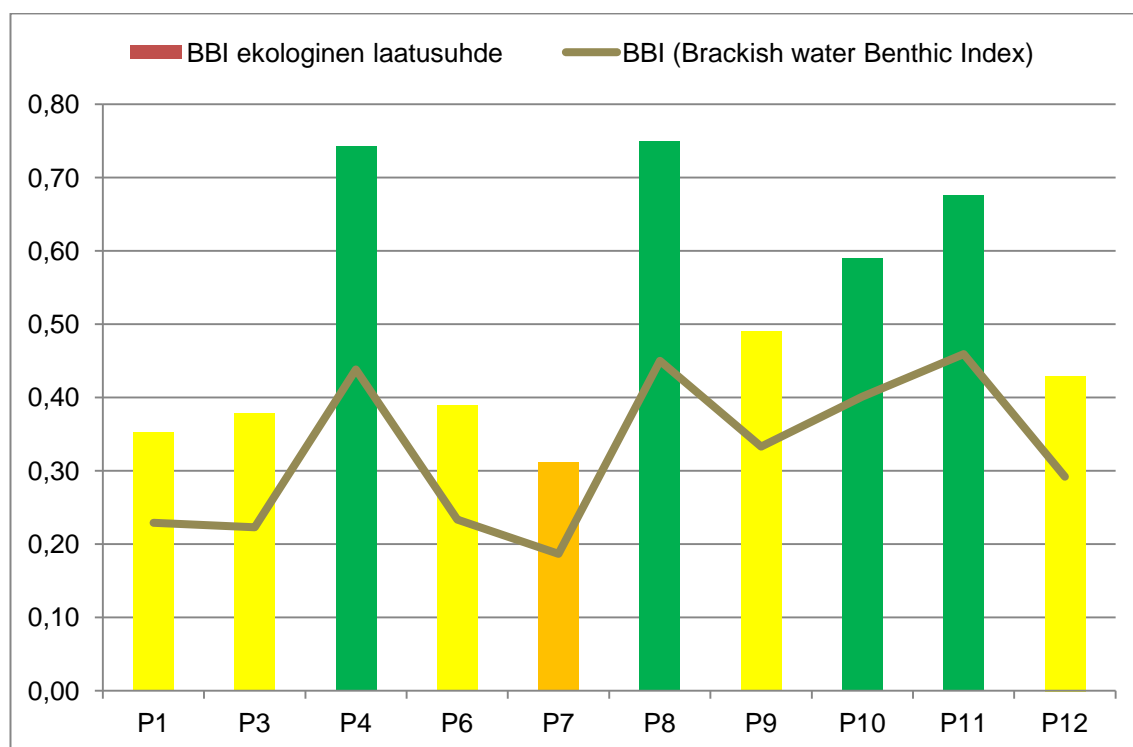
Valkokatkan keskimääräiset yksilötiheydet olivat 65 (v.2009) ja 24 (v.2011) yksilöä neliömetrillä. Myöskään valkokatkan tiheyksissä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa näytteenottojen välillä ( $t= 1,047$ ,  $df=6$ ,  $p=0,336$ ).

### 3.1.5 Indeksit

Taulukko 3. Aineistosta laskettujen indeksien arvot ja laskemiseen käytetyt pohjaeläinten kokonaistiheydet ja taksonien lukumäärät.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
<b>BBI -indeksi</b>	0,23	1,32	0,22	0,44	1,24	0,23	0,19	0,45	0,33	0,40	0,46	0,29
<b>BBI - ELS</b>	0,35	2,24	0,38	0,74	1,65	0,39	0,31	0,75	0,49	0,59	0,68	0,43
<b>BQI -indeksi</b>	1,4	4,0	1,1	1,0	5,2	1,3	4,3	5,6	5,1	6,1	7,0	4,9
<b>Shannon-Wiener</b>	2,1	2,7	1,3	1,6	4,1	1,5	1,2	2,9	2,1	2,5	2,8	1,9
<b>Kokonaistiheys</b>	730	380	650	280	670	400	9060	2960	6430	3640	3270	3180
<b>Taksoniluku</b>	4	5	4	3	6	3	6	6	9	8	10	6

BBI -indeksin laskemiseksi täytyi aineistolle laskea Shannon-Wienerin diversiteetti-indeksi ja BQI -indeksi, lisäksi laskennassa käytettiin näytekohtaisia lajimääriä ja kokonaistiheyksiä (taulukko 3). BBI -indeksin saamat arvot vaihtelivat näytelinjastolla välillä 1,32 – 0,19 (taulukko 3). Indeksien ei tulisi saada 1 isompia arvoja, mutta Paimionlahden linjastolla näytepisteiden P2 ja P5 arvot olivat tätä suurempia (P2= 1,32, P5= 1,24). Näytepisteiden BBI -indeksien ja ekologista laatusuhdetta kuvaavien arvojen (kuvio 8) tarkastelusta jätettiin pois näytepisteiden P2 ja P5 virheelliset arvot. BBI -indeksien ja ELS -arvojen tulkinnessa käytettävät luokkarajat löytyvät liitteestä 4.

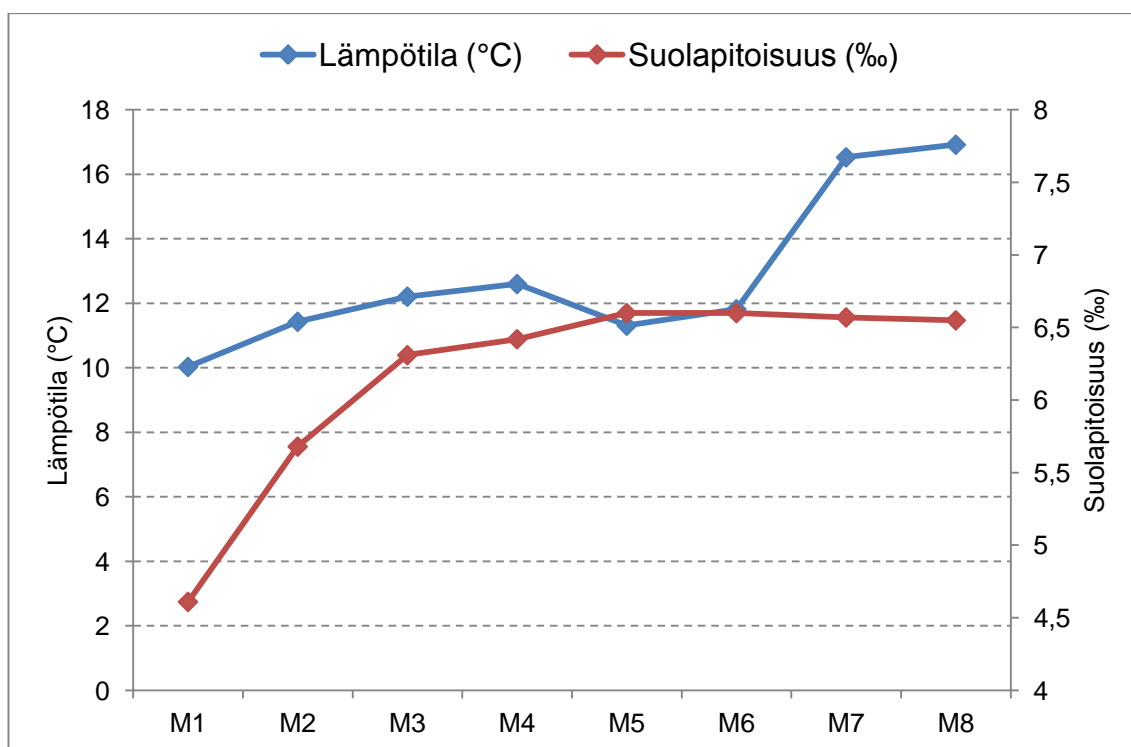


Kuvio 8. Näytepisteiden BBI -indeksit ja ekologista laatusuhdetta kuvaavat arvot. Vihreä väri kuvastaa hyvää, keltainen tyydyttävää ja oranssi välttävää ekologista tilaa.

### 3.2 Mynälahti – Kökar

#### 3.2.1 Vedenlaatu

Suolapitoisuudet vaihtelivat välillä 4,61 – 6,60 ‰, keskiarvon ollessa 6,17 ‰. Pohjanläheisen veden lämpötilat vaihtelivat välillä 10,03 – 16,92 °C. (kuvio 9, liite 7) Näytteenottoajankohdissa oli hieman yli kuukausi eroa, mikä selittää lämpötilojen suurta vaihtelua.

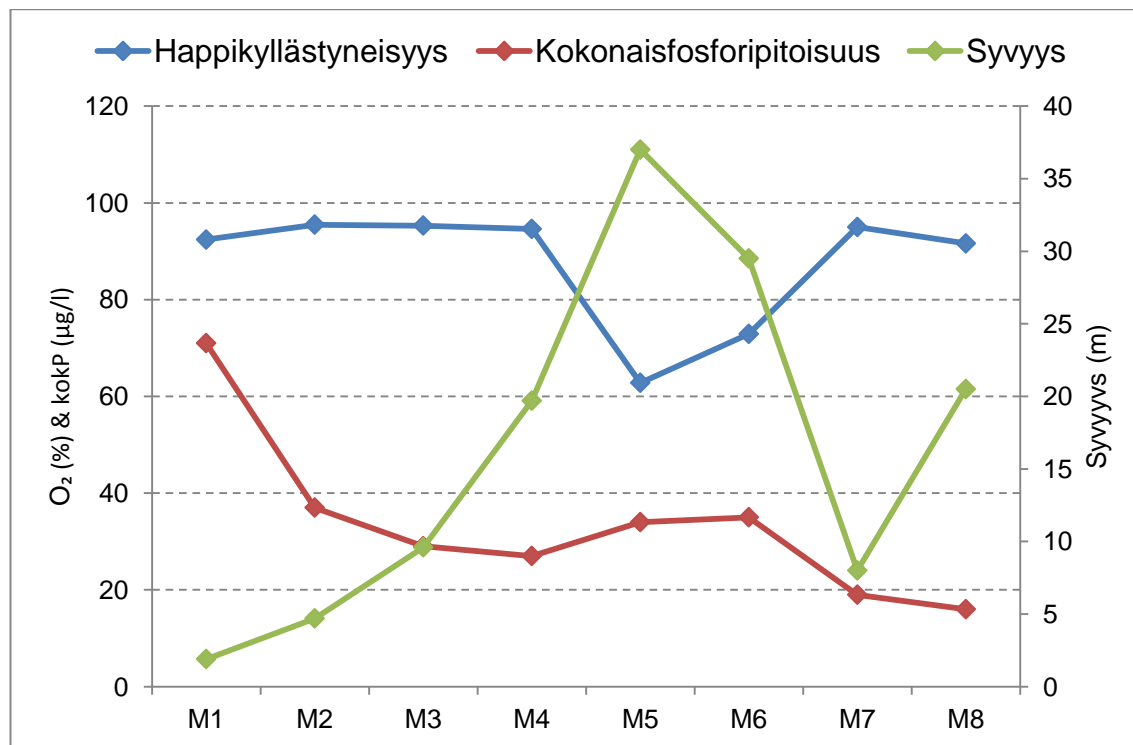


Kuvio 9. Pohjanläheisen veden lämpötilat ja suolapitoisuudet.

Näyttepisteiltä mitatut happipitoisuudet vaihtelivat välillä 6,60 - 10,12 mg/l, pitoisuuksien keskiarvo oli 8,91 mg/l. Kaikkien näyttepisteiden pohjaläheisen vesikerroksen happitilanne oli hyvä. (kuvio 10, liite 8)

Kokonaisfosforipitoisuudet vaihtelivat välillä 16 – 71 µg/l (keskiarvo 33,5 µg/l). Korkein fosforipitoisuus mitattiin näyttepisteeltä M1 otetusta näytteestä. Fosfori-

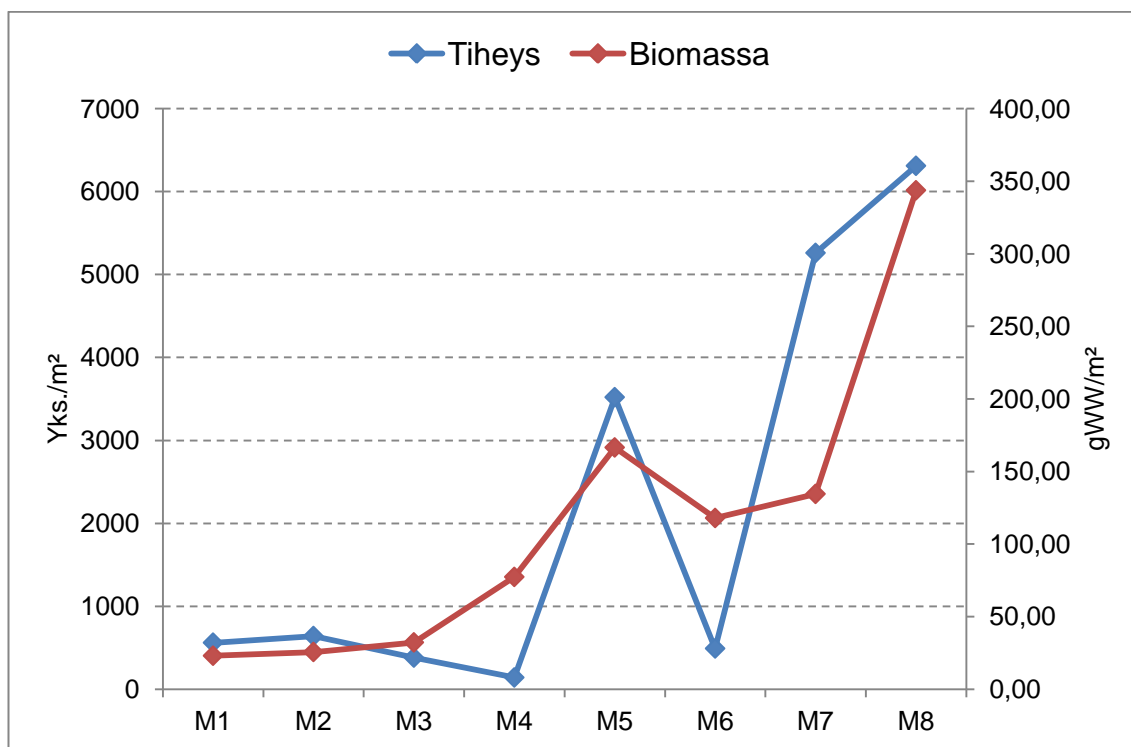
pitoisuudet laskivat tasaisesti ulkosaaristoa kohti, syvimmillä näytepisteillä (M5 , M6) havaittiin kuitenkin hieman korkeampia fosforipitoisuuksia. Näiltä näytepisteiltä mitattiin myös linjaston alhaisimmat happipitoisuudet. (kuvio 10, liite 8)



Kuvio 10. Pohjanläheisen veden kokonaisfosforipitoisuus, happikyllästyneisyys sekä näytepisteiden syvyydet.

### 3.2.2 Pohjaeläinten yksilötiheydet ja biomassat

Näytteistä laskettiin näytepistekohtaiset pohjaeläinten yksilötiheydet ja biomassat (kuvio 11, liite 5) Keskimääräinen yksilötiheys oli 2163 yks./m<sup>2</sup> ja biomassa 115,09 g/m<sup>2</sup> (märkäpaino). Korkein kokonaistiheys (6310 yks./m<sup>2</sup>) sekä suurin biomassa (343,70 g/m<sup>2</sup>) havaittiin ulkosaariston näytepisteellä M8. Alhaisin kokonaistiheys 140 yks./m<sup>2</sup> havaittiin välisaaristoon sijoittuvalla näytepisteellä M4. Pohjaeläinten kokonaisbiomassa oli puolestaan alhaisin Mynälahdella sijaitsevalla näytepisteellä M1, vain 23,00 g/m<sup>2</sup>. Pohjaeläinten yksilötiheydet ( $F=1,634$ ,  $0,284$ ) ja biomassat ( $F=2,380$ ,  $p=0,188$ ) eivät eroa merkitsevästi eri saaristovyöhykkeiden välillä.



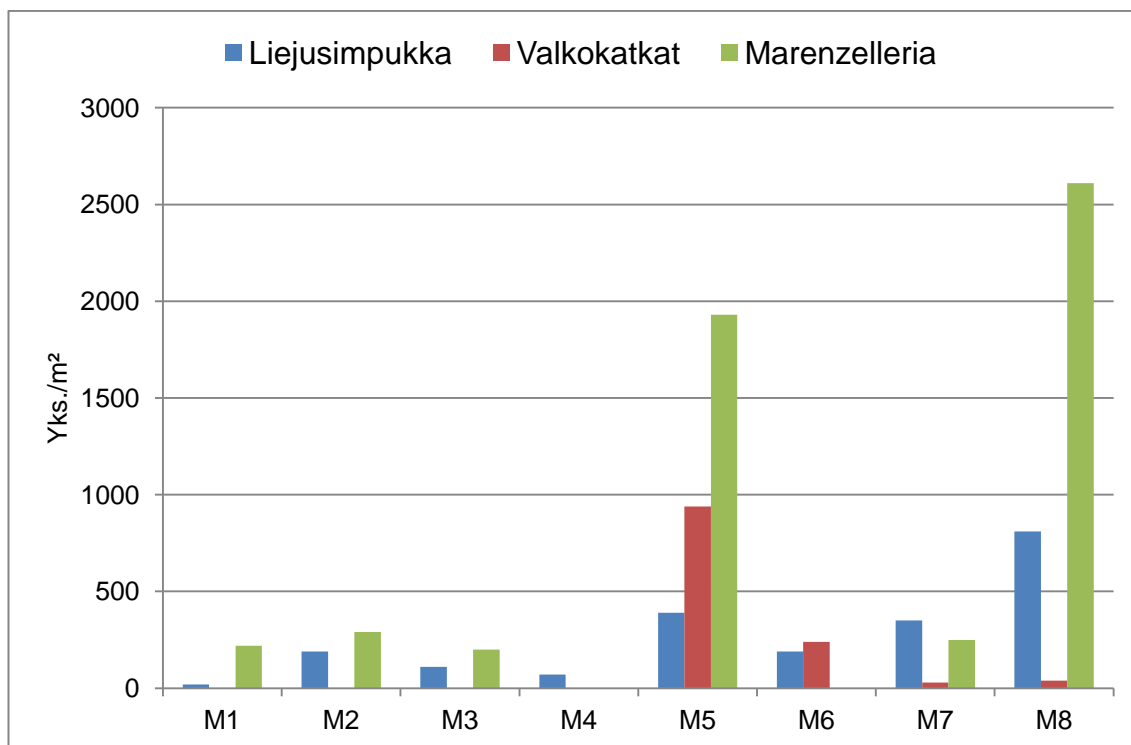
Kuvio 11. Pohjaeläinten yksilötiheydet (yks./m<sup>2</sup>) ja biomassat (gww/m<sup>2</sup>).

*Marenzelleria* -monisukasmadot olivat yksilömäärissä näytelinjaston runsain lajiryhmä, kaikista pohjaeläimistä niitä oli 31,8 %. Yksilötiheyksien keskiarvoksi laskettiin 688 yks./m<sup>2</sup>. Korkeimmat yksilötiheydet havaittiin näytepisteellä M8, joka sijaitsee Kökarin länsipuolella. (kuvio 12) *Marenzelleria* -monisukasmatojen yksilötiheydet eivät eroa toisistaan merkitsevästi saaristovyöhykkeiden välillä ( $F=0,229$ ,  $p=0,803$ ).

Liejusimpukkaa (*Macoma baltica*) tavattiin kaikilta näytepisteiltä, mutta kokonaisyksilömäärästä niitä oli 12,3 %. Keskimääräinen yksilötiheys oli 266 yks./m<sup>2</sup>. Korkein tiheys 810 yks./m<sup>2</sup> havaittiin *Marenzelleria* -monisukasmatojen tapaan näytepisteellä M8. (kuvio 12) Liejusimpukoiden yksilötiheyksissä ei havaittu merkitsevää eroa saaristovyöhykkeiden välillä ( $F=1,511$ ,  $p=0,307$ ).

Valkokatkoja (*Monoporeia affinis*, *Pontoporeia femorata*) tavattiin neljällä uloimmalla näytepisteellä. Valkokatkojen keskimääräinen yksilötiheys oli 156 yks./m<sup>2</sup>, runsaimmillaan ne olivat välisaariston ulkorajan läheisyyteen sijoittuval-

la pisteellä M5. (kuvio 12) Valkokatkojen tiheyksissä ei ollut merkitsevää eroa saaristovyöhykkeiden välillä ( $F=0,532$ ,  $p=0,617$ ).



Kuvio 12. *Marenzelleria* -monisukasmadon, liejusimpukan (*Macoma baltica*) ja valkokatkojen (*Monoporeia affinis*, *Pontoporeia femorata*) yksilötiheydet (yks./m²) Mynälahti - Kökar -linjaston näytepisteillä.

Kokonaisyksilömäärissä toiseksi runsain lajiryhmä olivat *Hydrobiidae* -heimon kotilot (*Hydrobia ventrosa*, *H. ulvae*), joita tavattiin näytepisteellä M7 yhteensä 3230 yksilöä neliömetriltä. Muista näytteistä niitä ei havaittu.

Kolmanneksi runsain laji oli sinisimpukka (*Mytilus edulis*, kuva 11). Sinisimpukan korkein yksilötiheys 2250 yks./m² havaittiin pisteeltä M8.



Kuva 11. Sinisimpukka (*Mytilus edulis*) oli näytelinjaston kolmanneksi runsain laji.

### 3.2.3 Lajisto

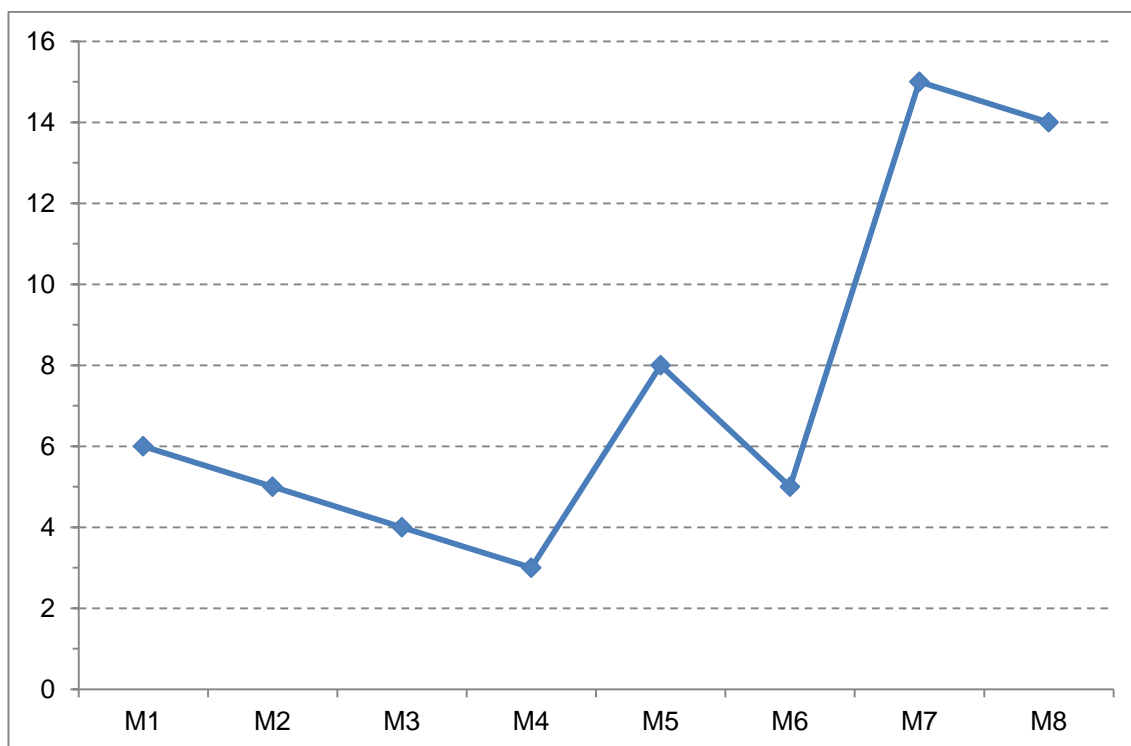
Mynälahti – Kökar -näytelinjastolla tavattujen lajien lukumäärä vaihteli 3 – 15 välillä (kuvio 13, liite 5). Lajien lukumäärissä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa eri saaristovyöhykkeiden välillä ( $F=2,356$ ,  $p=0,190$ ).

Hieman yllättäen kilkkiä (*Saduria entomon*, kuva 12) ei tavattu ollenkaan Paimionlahti – Jurmo -linjaston näytteistä. Mynälahti – Kökar -linjallakin niitä havaittiin vain kahdelta näytepisteeltä (M6, M8).



Kuva 12. Kilkki (*Saduria entomon*).





Kuvio 13. Lajien lukumäärät.

Korkein lajimäärä (15) havaittiin näytepisteellä M7, joka oli verrattain matala, vain 8,0 metriä. Näkösyvyudeksi mitattiin 6,8 metriä, ja näytepiste oli ainoa, jolla havaittiin vesikasvillisuutta. Lajeista osa oli pehmeillä pohjilla ja osa normaalisti litoraalivyöhykkeessä viihtyviä pohjaeläinlajeja, kuten leväkatka (*Gammarus salinus*, kuva 13) ja leväkotilo (*Theodoxus fluviatilis*).

Näytepisteellä M8 lajeja tavattiin 14. Se oli näytepisteistä ainoa, jolla tavattiin merisiiraa (*Jaera albifons*) ja tyrskyleväsiiraa (*Idotea granulosa*).



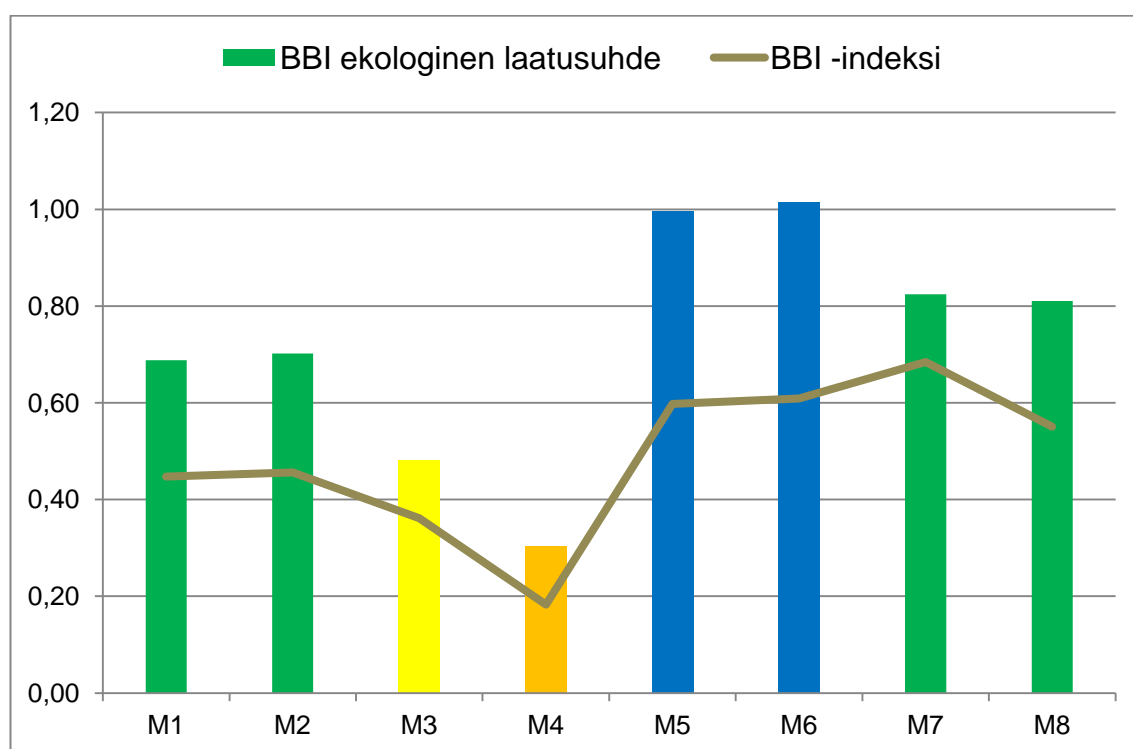
Kuva 13. Pisteiltä M7 ja M8 tavattiin *Gammarus salinus* -leväkatkaa.

#### 3.2.4 Indeksit

Taulukko 4. Aineistosta laskettujen indeksien arvot ja niiden laskemiseen käytetyt pohjaeläinten kokonaistiheydet ja taksonien lukumäärät.

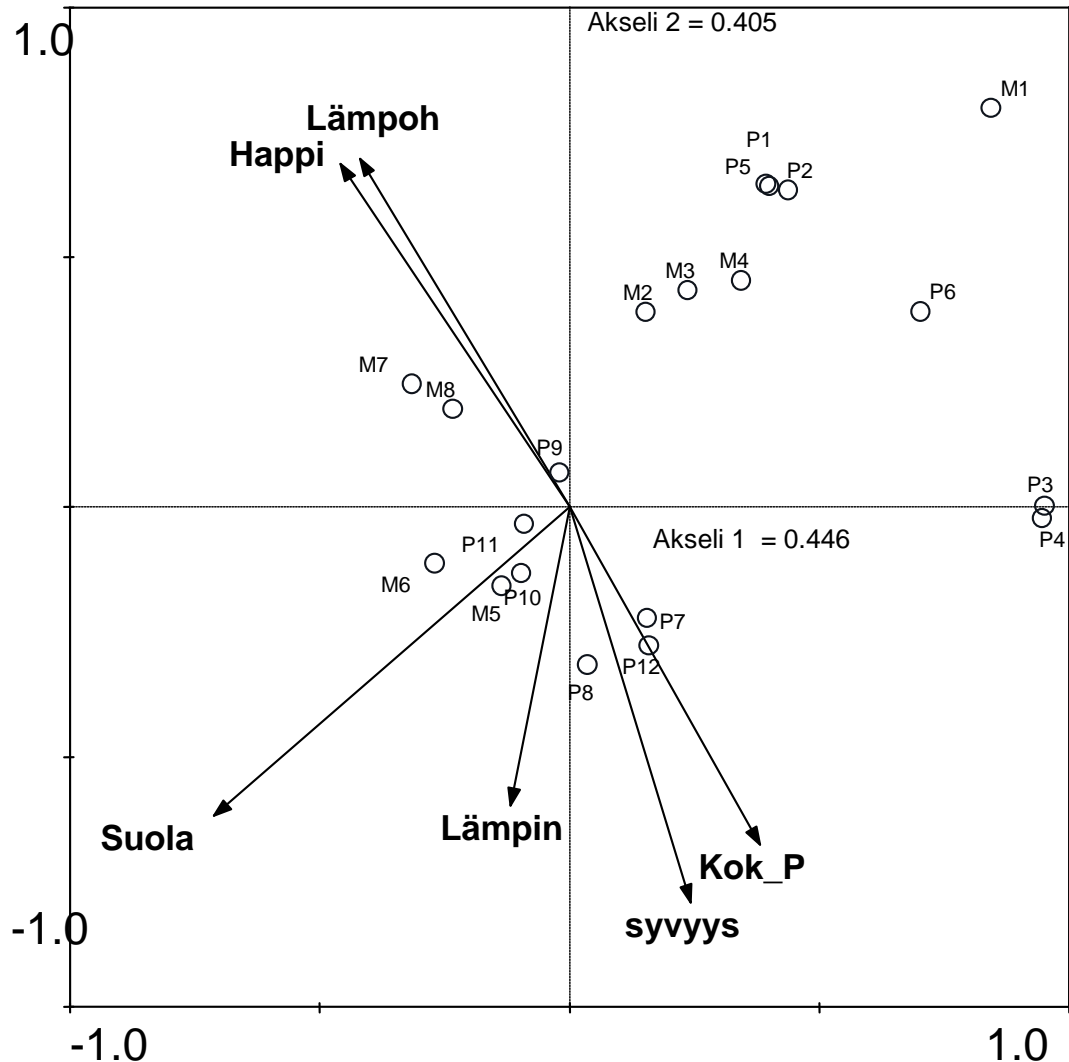
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
<b>BBI -indeksi</b>	0,45	0,46	0,36	0,18	0,60	0,61	0,68	0,55
<b>BBI - ELS</b>	0,69	0,70	0,48	0,31	1,00	1,02	0,82	0,81
<b>BQI -indeksi</b>	2,72	3,28	3,42	1,43	7,51	8,58	6,71	6,64
<b>Shannon - Wiener</b>	4,19	3,77	2,96	2,00	3,91	3,87	4,26	4,20
<b>Kokonaistiheys</b>	560	640	380	140	3510	490	5230	6310
<b>Taksoniluku</b>	5	6	4	2	7	5	13	14

BBI -indeksin saamat arvot vaihtelivat näytelinjastolla välillä 0,68 – 0,18. Indeksien keskiarvo oli 0,49. (taulukko 4) Suurimman arvon indeksi sai näytepisteellä M7, jonka ekologinen tila voidaan arvon perusteella luokitella hyväksi (kuvio 14) Pienin arvo oli näytepisteellä M4, joka sijaitsee välisaaristossa ja on yli 10 metriä syvä. BBI -indeksien ja ELS -arvojen tulkinnassa käytettävät luokkarajat löytyvät liitteestä 4.



Kuvio 14. Näytepisteiden BBI -indeksit ja ekologiset laatusuhdearvot. Sininen kuvastaa erinomaista, vihreä hyvää, keltainen tyydyttävää ja oranssi välttävää ekologista tilaa.

### 3.3 Monimuuttuja-analyysit

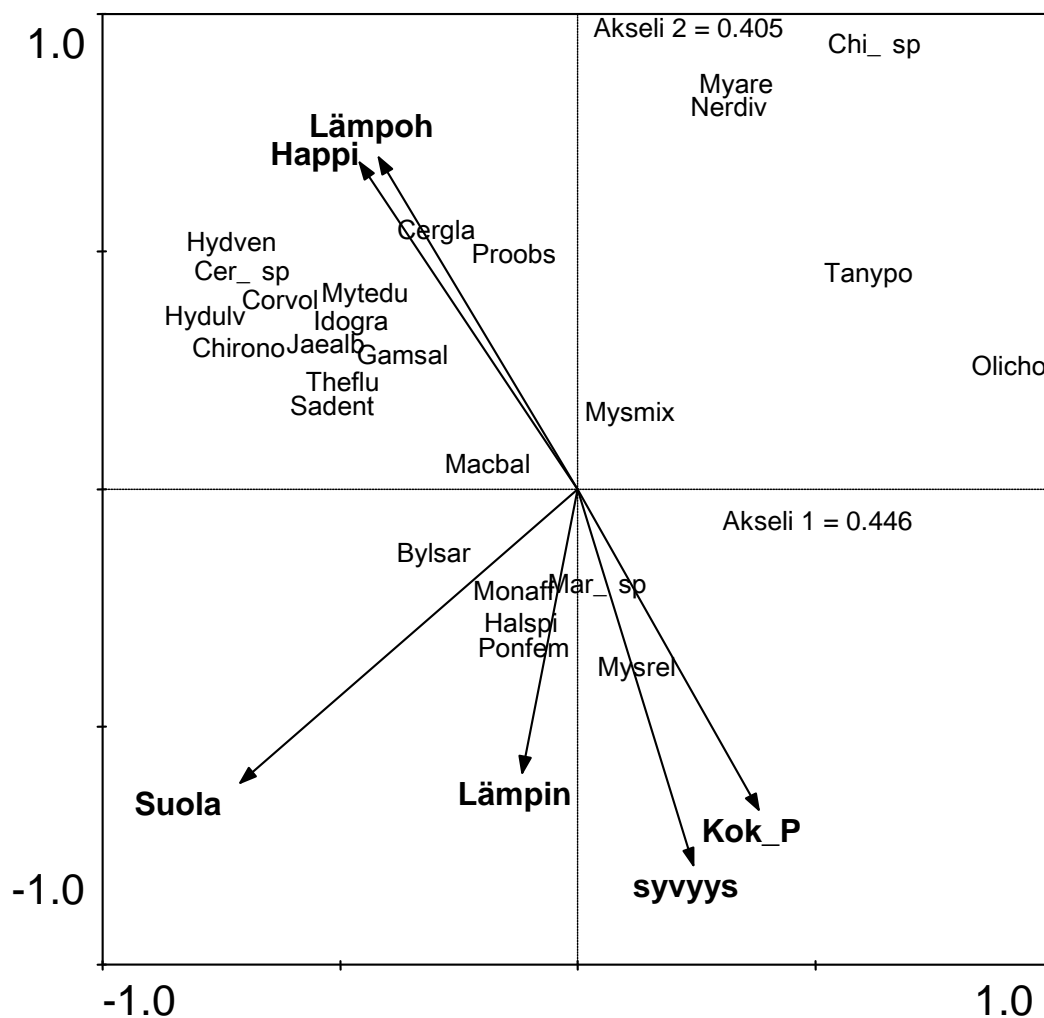


Kuvio 15. Näytepisteiden ja ympäristömuuttujien CCA -ordinaatiokuvaaja.

Näytepistekohtaisten pohjaeläintiheyksien ja ympäristömuuttujien välistä yhteyttä pyrittiin kuvaamaan kanonisella korrespondenssianalyysillä (kuvio 15). Tarkastelussa käytettyjä ympäristömuuttujia olivat näytepisteiden syvyydet, pohjanläheisen veden lämpötila, suola-, kokonaisfosfori- ja happipitoisuudet sekä pintaveden lämpötilat. Näytepisteiden tunnusten (P1, P2 jne.) etäisyydet origosta

kertovat, kuinka hyvin ympäristömuuttujat selittävät näytepisteiden tuloksia. Ympäristömuuttujia kuvaavien nuolien pituudet kertovat ympäristömuuttujien merkityksestä lajiston selittäjinä. Mitä lähempänä ympäristömuuttujien nuolet ovat toisiaan, sitä voimakkaammin muuttujat korreloivat keskenään. Esimerkiksi pohjaläheisen veden lämpötila ja happipitoisuus ovat voimakkaasti sidoksissa toisiinsa.

Lisäksi pyrittiin selvittämään ympäristömuuttujien ja yksittäisten lajien yksilötiheyksien välistä yhteyttä, tätä kuvaava CCA -analyysin ordinaatiokuvaaja on esitetty kuviossa 16.



Kuvio 16. Lajien yksilötiheyksien ja ympäristömuuttujien välistä yhteyttä kuvaava CCA -analyysin ordinaatiokuvaaja. Lajit on merkitty kuviossa tieteellisten nimien lyhenteillä (esim. Bysar = Bylgides sarsi eli liejusukasjalkainen).

Ympäristömuuttujien nuolien pituudet ja etäisyydet toisistaan kuvaavat samoja asioita kuin näytepisteiden kohdalla. Lajinimien etäisyys origosta kuvaavat, kuinka hyvin lajin yksilötiheydet ovat selitettävissä ympäristömuuttujilla.

## 4 TULOSTEN TARKASTELU

### 4.1 Pohjaeläimet

#### 4.1.1 Yksilötiheydet ja biomassat

Molemmilla näytelinjastoilla pohjaeläinten yksilömäärät, biomassat ja lajien lukumäärä kasvoivat sisäsaaristosta ulospäin (kuviot 3, 11). Ympäristömuuttujien vaikutus yksilötiheyksiin ja lajien lukumäärään näyttäisi olevan pienempi sisäsaaristossa (kuvio 15).

O'Brien ym. (2003) tekemässä tutkimuksessa pyrittiin myös selvittämään vedenlaadun vaikutusta pohjaeläinten esiintymiseen. He havaitsivat, että syvyys yhdessä lämpötilan (vrt. happipitoisuus mg/l) kanssa olivat merkittävimmät esiintymiseen vaikuttavat ympäristömuuttujat.

Näytteiden kokonaisbiomassoihin vaikutti suuresti simpukoiden (*Bivalvia*) ja etenkin liejusimpukan (*Macoma baltica*) osuus sekä runsaus (näytepisteet P9, M8) Liejusimpukoita tavattiin kahta lukuun ottamatta kaikilla näytepisteillä. Liejusimpukkaa pidetään yleisesti rehevyyttä indikoivana lajina, koska se sietää hyvin kuormitusta. (Segerstråle 1978, 143 -145; Bonsdorff ym. 1996; Karlson ym. 2002) Tehdyn monimuuttuja-analyysin perusteella mikään ympäristömuuttuja ei vaikuttanut selvästi liejusimpukoiden esiintymiseen (kuvio 16). Myöskään saaristovyöhykkeiden välillä ei havaittu merkitsevää eroa liejusimpukoiden yksilömäärissä. Useissa tutkimuksissa on havaittu, että liejusimpukka (*Macoma baltica*) on generalisti, eli sillä on laaja ekolokero. Liejusimpukat ovatkin yleisiä monentyyppisillä pohjilla ja olosuhteissa. (Perus & Bonsdorff 2004; Rousi ym. 2011, 527)

*Marenzelleria* -monisukasmadot ovat molemmilla näytelinjastoilla yksilötiheyksissä ylivoimaisesti runsain lajiryhmä. Niiden esiintymisen vaihtelu ja paikoittainen runsaus olivat suurin syy näytepisteiden välisiin eroihin yksilötiheyksissä.

Useissa muissa tutkimuksissa on saatu samansuuntaisia tuloksia (Perus & Bonsdorff 2003; Anttila-Huhtinen 2010; Rousi ym. 2011; Norkko ym. 2011) *Marenzelleria* -monisukasmatojen yksilötiheydet olivat korkeampia väli- ja ulkosaa-ristossa, mutta kummallakaan näytelinjastolla ei havaittu yksilötiheyksissä tilas- tollisesti merkitsevää eroa eri saaristovyöhykkeiden välillä. *Marenzelleria* - monisukasmatojen on havaittu sietävän monia kotoperäisiä pohjaeläimiä pa- remmin pohjanläheisen veden alhaisia happipitoisuuksia. Viime aikoina tehdyis- sä tutkimuksissa on myös havaittu monisukasmatojen mahdollisesti parantavan happivajauksesta kärsivien pohjien tilaa. (Norkko ym. 2011) Rousi ym. (2011) pyrkivät selvittämään ympäristötekijöiden vaikutusta pohjaeläinten esiintymi- seen kanonisen korrespondenssianalyysin avulla. Tutkimuksessa käytettiin ym- päristömuuttujina pohjanlaatua ja syvyyttä. He havaitsivat, että *Marenzelleria* - monisukasmatojen ja valkokatkojen runsauksien sekä syvyyden kasvun välillä oli positiivinen korrelaatio. Tutkimuksessa molempien lajien havaittiin olevan runsaimmillaan lieju- ja savipohjilla. Runsaina esiintyessään *Marenzelleria* - monisukasmadot vaikuttivat olevan dominoivia ja muita lajeja havaittiin niukasti. (Rousi ym. 2011, 525 - 532) Nyt tehdyn monimuuttuja-analyysin mukaan mi- kään ympäristömuuttuja ei näytä vaikuttavan selvästi *Marenzelleria* - monisukasmatojen yksilötiheyksiin. Parhaiten yksilötiheyksiä selittävät tekijät ovat syvyys ja kokonaisfosforipitoisuus (sisäinen kuormitus). Nyt tehdyssä tut- kimuksessa ei myöskään havaittu, että *Marenzelleria* -monisukasmatojen runsa- us vaikuttaisi suoraan muiden lajien yksilö- ja lukumääriin. Ainoastaan näytepis- teellä P7 *Marenzelleria* -monisukasmadot olivat selkeästi dominoiva lajiryhmä. Siellä yksilötiheydeksi laskettiin 8690 yks./m<sup>2</sup>, pohjaeläinten kokonaistiheyden ollessa 9090 yks./m<sup>2</sup>. Näytepiste on 32,4 metriä syvä ja pohjanläheisen vesiker- roksessa havaittiin happivajauksia (happipitoisuus 0,82 mg/l), joka tukee aiem- missä tutkimuksissa saatuja tuloksia.

Kuten edellisessä kappaleessa jo mainittiin, on valkokatkojen (*Monoporeia af- finis*, *Pontoporeia femorata*) runsauden havaittu korreloivan positiivisesti syvyy- den kanssa (Rousi ym. 2011). Tutkimuksessa valkokatkoja (*M. affinis*, *P. femo- rata*) havaittiin ainoastaan yli 20 metriä syvillä näytepisteillä, poikkeuksena näy- tepiste M7 (8,0 m). Valkokatkoja (*M. affinis*, *P. femorata*) pidetään pohjan hyvää



tilaa indikoivina lajeina, ja niiden uskotaan erityisesti kertovan pohjan hyvästä happitilanteesta. (Segerstråle 1978;) Valkokatkoja kuitenkin havaittiin myös pohjilla, joilla happitilanne oli heikko (P8 – P11).

#### 4.1.2 Lajisto

Lajien lukumäärien vaihtelu oli suurta (max 15, min 3). Lajien lukumäärään vaikuttivat selvästi syvyys, pohjanlaatu sekä happi- ja suolapitoisuus. Paimionlahti – Jurmo -näytelinjastolla havaittiin saaristovyöhykkeiden välillä tilastollisesti merkitsevä ero ( $F=8,468$ ,  $p=0,009$ ), lajien lukumäärät kasvoivat huomattavasti sisäsaaristosta ulospäin tultaessa. Mynälahti – Kökar -näytelinjastolla vyöhykkeiden ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä, vaikka selvästi eniten lajeja tavattiinkin ulkosaariston näytepisteiltä. Useissa tutkimuksissa on havaittu, että ulkosaaristossa pohjaeläimistö jakautuu selvästi syvien pehmeiden pohjien (profundaa-li) ja rantavyöhykkeen (litoraali) lajistoon (O'Brien ym. 2003).

Monimuuttuja-analyysin perusteella voimakkaimmin lajien lukumäärää selittävä ympäristötekijä on happipitoisuus (kuvio 16). Hyvä happipitoisuus taas korreloi voimakkaasti lämpötilan kanssa. Lisäksi mataluus ja pohjanlaatu näyttävät selittävän korkeampia lajimääriä, etenkin ulkosaaristossa (kuviot 15 ja 16). Lajeista idänsydänsimpukka (*Cerastoderna glaucum*), sinisimpukka (*Mytilus edulis*), leväkatka (*Gammarus salinus*) ja *Hydrobia* -suvun kotilot ovat tästä hyvä esimerkki (kuvio 16, liite 5). Rousi ym. (2011) havaitsivat idänsydänsimpukan yksilötiheyksien korreloivan negatiivisesti syvyyden kanssa. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin hietasimpukan (*Mya arenia*), liejukatkan (*Corophum volutator*) ja leväkotilon (*Theodoxus fluviatilis*) viihtyvän parhaiten pohjilla, jotka koostuivat pääosin karkeasta hiekasta. *Hydrobia* -suvun kotiloita tavattiin taas pohjilla, jotka koostuivat hiekasta ja siltistä. Havainnot ovat hyvin samansuuntaisia, kuin nyt tehdyssä tutkimuksessa (ks. liitteet 2 ja 5).

Valkokatkat (*M. affinis*, *P. femorata*), liejusukasjalkainen (*Bylgides sarsi*) ja okamakkaramato (*Halicryptus spinulosus*) ovat selkeästi mereisiä lajeja, joiden esiintymiseen vaikuttaa ennen kaikkea suolapitoisuus. Liejusukasjalkainen

(*Bylgides sarsi*) ja okamakkaramato (*Halicryptus spinulosus*) ovat petoja, jonka vuoksi pohjan laadulla ja syvyydellä ei näytä juuri olevan vaikutusta niiden esiintymiseen. (O'Brien ym. 2003; Rousi ym. 2011)

Näytepiste M1 sijaitsee lähellä Mynälahden perukkaa, johon useampi joki tuo makeaa vettä. Siellä tavattiin runsaasti harvasukasmatoja (*Oligochaeta*) ja surviaissääsken toukkia (*Chironomidae*), jotka ovat tyypillisiä rannikkovesien rehevissä ja vähäsuolaisissa osissa.

#### 4.1.3 Vertailua aiempiin tuloksiin

Nyt saadut tulokset eivät juuri eronneet ELY -keskuksen vuonna 2009 saamista tuloksista (liite 7). Näytepisteiden (P1, P3 – P8) pohjaeläinten kokonaisuusilomäärissä tai biomassoissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa. Myöskään erikseen tarkasteltujen lajien (*M. baltica*, *M. affinis*, *Marenzelleria* sp.) yksilötiheyksissä tai esiintymisessä ei ollut tapahtunut merkittäviä muutoksia. Tulokaslaji *Marenzelleria* -monisukasmato ei näytä lisääntyneen merkittävästi vuodesta 2009. *Marenzelleria* -monisukasmatot näyttävät paikoin jopa vähentyneen. Näytepisteellä P8 niitä havaittiin vuonna 2009 6167 yks./m<sup>2</sup>, ja nyt tehdyssä näytteenotossa monisukasmatojen yksilötiheys oli näytepisteellä vain 1610 yks./m<sup>2</sup>. Ainoastaan pisteellä P7 *Marenzelleria* -monisukasmatot näyttävät lisääntyneen huomattavasti (2009= 3989 yks./m<sup>2</sup>, 2011= 8690 yks./m<sup>2</sup>).

Vuonna 2009 havaittiin näytepisteellä P7 valkokatkoja (*Monoporeia affinis*), kun nyt ne puuttuivat näytteestä kokonaan. Syynä tähän saattaa olla näytepisteellä havaittu pohjaläheisen veden happivajaus.

#### 4.1.4 Indeksit

BBI -indeksiä (Benthic Brackish water Index) käytetään yhtenä osatekijänä rannikkovesien ekologista tilaa arvioitaessa. Perus ym. 2007 tutkivat eri indeksien soveltuvuutta Suomen rannikkovesien olosuhteisiin. BBI -indeksi todettiin varsin toimivaksi, koska se ottaa huomioon eri rannikkotyyppien ja syvyysalueiden

ominaispiirteet. Pelkkä BBI -indeksin arvo ei anna kuvaa ekologisesta tilasta, siksi indeksin tuloksia tarkasteltaessa on aina syytä käyttää niistä laskettuja ELS -arvoja. Ekologiset laatusuhdearvot ottavat huomioon ihmistoiminnan vaikutuksen (vertailuarvot) syvyys- ja saaristotyypeittäin. Syvyyden ja saaristotyyppien vaikutuksen hahmottaa helposti tarkastelemalla näytepisteille BBI -indeksin perusteella määritettyjä ekologisia luokkia (kuviot 8, 14) ja näytepisteiden syvyystietoja ja sijoittumista saaristovyöhykkeiden suhteen.

Indeksien perusteella Mynälahti – Kökar -linjaston ekologinen tila on parempi kuin Paimionlahti – Jurmo -näytelinjaston (kuviot 8, 14). Mynälahti – Kökar -linjastolla alle 10 metriä syviä näytepisteitä oli enemmän, joka näkyy tuloksissa (korkeampi diversiteetti). Saadut vedenlaatu tulokset tukevat indeksejä, ja saatuja tuloksia voidaanakin pitää varsin kuvaavina.

Indeksien tulokseen vaikuttavat myös lajien ympäristöstressin sietokyky ja suhteellinen osuus kokonaisuksilöitiheydestä. Näytepisteillä P2 ja P5 indeksin saamat liian korkeat arvot johtuvat ilmeisesti siitä, että pisteillä tavattiin suhteellisesti varsin runsaana idänsydänsimpukkaa (*Cerastoderna glaucum*), jonka sietokykyarvo on korkea (10).

Indeksien saamat tulokset olivat varsin odotettuja ja vastaavat osaltaan muita tuloksia. Syvyyden vaikutus lajien lukumäärään on suuri, tämä näkyy indeksien saamissa arvoissa. Myös yksittäisen lajin korkea suhteellinen lukumäärä voi vaikuttaa merkittävästi indeksin tulokseen.

## 4.2 Vedenlaatu

### 4.2.1 Happipitoisuus

Näytteenotot sijoituivat verrattain pitkälle aika välille, joka on nähtävissä happipitoisuuksissa ja lämpötiloissa. Näytepisteiden M1 – M4 näytteet kerättiin vasta lokakuun puolessa välissä, jolloin syyskierto oli jo tapahtunut. Tämä selittää osaltaan Mynälahti – Kökar -linjaston näytepisteiden paremman happitilanteen.

Paimionlahti – Jurmo -näytelinjaston alhaiset happipitoisuudet johtuvat pitkään jatkuneesta kerrostuneisuudesta ja orgaanisen aineksen hajoamisesta, joka kuluttaa happea alusvedestä (sisäinen kuormitus). Paimionlahden syvänealueella on aikaisemminkin havaittu merkittävää happivajetta (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2007).

#### 4.2.2 Suolapitoisuus

Suolapitoisuus on voimakkaasti sidoksissa syvyyteen ja veden lämpötilakerrostuneisuuteen. Kerrostuneisuuden purkautuminen näytteenottokertojen välissä on selvästi nähtävissä Mynälahti – Kökar -linjaston suolapitoisuuksissa (M5, M6). Mynälahdella sijaitsevien näytepisteiden M1 ja M2 alhaisissa suolapitoisuuksissa näkyy lahteen laskevien jokien ja heikon veden vaihtuvuuden vaikutus. Paimionlahdella pitoisuudet kasvoivat tasaisesti ulospäin, vaihdellen hiukan syvyyksien mukaan.

#### 4.2.3 Kokonaisfosforipitoisuus

Paimionlahti – Jurmo -näytelinjaston kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvo oli lähes kolme kertaa korkeampi, kuin Mynälahti – Kökar -linjaston. Paimionlahdelle kohdistuu voimakasta kuormitusta ja veden vaihtuvuus on kohtuullisen hidasta. Lisäksi pitkään jatkunut veden kerrostuneisuus aiheuttaa syvänteissä sisäiseen kuormitukseen, joka nostaa fosforipitoisuuksia entisestään. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2007).

Mynälahti – Kökar -linjaston selvästi korkeimmat pitoisuudet havaittiin Mynälahdelle sijoituvilla näytepisteillä (M1, M2). Mitatut pitoisuudet ovat Mynälahdelle normaaleja, johtuen lahdelle kohdistuvasta voimakkaasta ulkoisesta kuormituksesta ja heikosta veden vaihtuvuudesta (Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011, 66).

Rannikkoalueilla käytetyn rehevyysluokituksen (taulukko 1) perusteella lähes kaikki näytepisteet luokiteltaisiin reheviksi, lievästi reheviksi tai jopa erittäin re-

heviksi. Luokittelussa käytetään kuitenkin pintaveden kokonaisfosforipitoisuuksia, jotka eivät ole täysin vertailukelpoisia pohjaveden fosforipitoisuuksien kanssa.

## KIITOKSET

Erityiskiitokset SAMBAH -pyöriäistutkimushankkeelle, jonka huoltokäyntien yhteydessä tutkimuksen näytteenotto suoritettiin. Haluan kiittää myös Maa- ja vesitekniikan tuki ry:tä Turun ammattikorkeakoulun luonnonvara-alan opiskelijoiden opinnäytetöiden tukemisesta. Lisäksi suuri kiitos Turun yliopiston Saaristomeren tutkimuslaitokselle näytteenottokaluston lainaamisesta sekä Ari-Pekka Huhdalle avusta monimuuttuja-analyysien tekemisessä.

## LÄHTEET

Alahuhta, J. 2008. Selkämeren rannikkovesien tila, vesikasvillisuus ja kuormitus - Rehevöitymistarkastelu. Turku: Lounais-Suomen ympäristökeskus.

Anttila-Huhtinen, M. 2010. Pohjaeläintutkimukset merialueella Kotka – Pyhtää – Hamina vuosina 2006 – 2009 ja vertailua aikaisempiin tuloksiin. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 192/2010.

Backer, H.; Leinikki, J.; Leinikki, S. & Oulasvirta, P. 2004. Aaltojen alla. Like.

Bäck, S.; Ollikainen, M.; Bonsdorff, E.; Eriksson, A.; Hallanaro, E.; Kuikka, S.; Viitasalo, M. & Walls, M. 2010. Itämeren tulevaisuus. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.

Bonsdorff, E.; Blomqvist, M.; Mattila, J. & Norkko, A. 1997. Long-term changes and coastal eutrophication. Examples from Åland islands and Archipelago Sea, northern Baltic Sea. *Oceanologica Acta*, - Vol. 20. Viitattu 29.3.2012 [https://www.abo.fi/student/en/media/16577/bonsdorffetal1997\\_oceanolacta20.pdf](https://www.abo.fi/student/en/media/16577/bonsdorffetal1997_oceanolacta20.pdf).

Bonsdorff, E.; Laine, A. O.; Hänninen, J.; Vuorinen, I. & Norkko, A. 2003. Zoobenthos of outer archipelago waters (N. Baltic Sea) – importance of local conditions for spatial distribution patterns. Viitattu 29.3.2012 [https://www.abo.fi/student/en/media/16577/2003\\_bonsdorff\\_borealenvres.pdf](https://www.abo.fi/student/en/media/16577/2003_bonsdorff_borealenvres.pdf).

CIS Working Group 2.4, 2002. Guidance on typology, reference conditions and classification systems for transitional and coastal waters. Kööpenhamina: 2002.

Enckell, P. 1980. Kräftdjur. Odense: AiO Tryk as.

HELCOM 2010. Atlas of the Baltic Sea. Helsinki: HELCOM.

Hutri, K. & Mattila, T. 1991. Kotilo- ja simpukkaharrastajanopas. Tammi.

Jongman, R. H. G.; Ter Braak, C. J. F. & Van Tongeren, O. F. R. 1995. Data analysis in community and landscape ecology. 2. painos. Cambridge: Cambridge University Press.

Kalff, J. 2003. Limnology - Inland Water Ecosystems. New Jersey: Prentice-Hall Inc.

Kangas, P.; Bäck, S.; Kauppila, P. 2003. Ehdotuksia Euroopan yhteisön vesipolitiikan puitteiden (2000/60/EY) mukaiseksi rannikkovesien tyypittelyksi Suomessa. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Kantola, L. ym. 2001. Ohjeita järvien ja jokien pohjaeläimistöseurannan näytteenottoon ja raportointiin. Oulu: Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus.

Karlson, K.; Rosenberg, R. & Bonsdorff, E. 2002, Temporal and spatial large-scale effects on eutrophication and oxygen deficiency on benthic fauna in Scandinavian and Baltic waters – A review. *Oceanography and Marine biology: an Annual review* 2008. 427 – 489. Turku. Viitattu 28.3.2012 <https://www.abo.fi/student/en/media/16577/karlsonetal2002.pdf>.

Lepneva, S. G. 1970. Larvae and pupae of Annulipalpia. Fauna of the U.S.S.R. Trichoptera Vol 1., Translation from Russian edition 1964. Jerusalem: Israel Prog. Sci. Transl.

Leppäranta, M. & Myrberg, K. 2009. Physical Oceanography of the Baltic Sea. Chichester, UK: Praxis

- Levinton, J. S. 2001. Marine biology. Function, Biodiversity, Ecology. 2. painos. Oxford: Oxford University Press.
- Lounais-Suomen ympäristökeskus 2007. Vesien tila. Aurajoki ja Raison-Ruskonjoki. Viitattu 24.3.2012 <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=76469&lan=sv>.
- Lounais-Suomen ympäristökeskus 2007. Vesien tila. Paimionjoki. Viitattu 24.3.2012 <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=134427&lan=fi>.
- Lounais-Suomen ympäristökeskus 2007. Vesien tila. Vakka-Suomen joet. Viitattu 24.3.2012 <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=76474>.
- Lounais-Suomen ympäristökeskus 2008. Vesien tila. Saaristomeri. Viitattu 24.3.2012 <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=94689&lan=sv>
- Magurran, A. E. 2004. Measuring Biological Diversity. UK: Blackwell Science Ltd.
- MapInfo Professional 2010. MapInfo Professional 10.5.2. Pitney Bowes Software Inc. New York. Sarjanro: MISWNS1050092017 (Turun Amk).
- Metsähallitus 2006.. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja C5. Mietoistenlahden hoito- ja käyttösuunnitelma. Kurikka: Metsähallitus. Viitattu 24.3.2012 <http://julkaisut.metsa.fi/julkaisut/pdf/luo/c005.pdf>.
- Myrberg, K.; Leppäranta, M. & Kuosa, H. 2006. Itämeren fysiikka, tila ja tulevaisuus. Helsinki: Yliopistopaino.
- Nilsson, A. 1996. Aquatic Insects of North Europe - Volume 1-2. Stenstrup: Apollo Books.
- Norkko, J.; Reed, D. C.; Timmerman, K.; Norkko, A.; Gustafsson, B. G.; Bonsdorff, E.; Slomp, C. P.; Carstensen, J. & Conley, D. J. 2011. A welcome can of worms? – Hypoxia mitigation by an invasive species. Global change biology, doi:10.1111/j.1365-2486.2011.02513.x. Blackwell Publishing Ltd. Viitattu 28.3.2012 [https://www.abo.fi/student/en/media/16577/norkko\\_reed\\_et\\_al\\_gcb2011.pdf](https://www.abo.fi/student/en/media/16577/norkko_reed_et_al_gcb2011.pdf).
- Nöjd, A.; Kauppila, P. & Bäck, S. 2005. Rannikkovesien ekologisen tilan perusteita – yhteenveto eurooppalaisista tyypittelyn, luokittelun ja seurannan ohjeistuksista. Suomen ympäristökeskuksen moniste 319. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- O'Brien, K.; Hänninen, J.; Kanerva, T.; Metsärinne, L. & Vuorinen, I. 2003. Macrozoobenthic zonation in relation to major environmental factors across the Archipelago Sea, northern Baltic Sea. Helsinki: Boreal Environmental Research 8: 159 - 170.
- OIVA- ympäristö- ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille 2011a. Pintavesien tila - Vesimuodostumat. Paimionjoki. Viitattu 24.3.2012 <http://www.p2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp>
- OIVA- ympäristö- ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille 2011b. Pintavesien tila - Vesimuodostumat. Laajoki. Viitattu 24.3.2012 <http://www.p2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp>.
- Ojanperä, S.; Lönnström, L.; Anttalainen, A.; Lerche, O; Ranta-aho, K.; Löytönen, O.; Galli, L. & Pirilä, J. Vesiviljelyn ympäristövaikutukset ja sijainninhajaus. Varsinais-Suomen TE- keskus. Viitattu 24.3.2012 [http://www.kalankasvatus.fi/sites/default/files/koulutus/Vesiviljelyn\\_ymparistovaikutukset\\_ja\\_sijainninhajaus.pdf](http://www.kalankasvatus.fi/sites/default/files/koulutus/Vesiviljelyn_ymparistovaikutukset_ja_sijainninhajaus.pdf)
- Pawlak, J.; Laamanen, M. & Andersen, J. 2009. Eutrophication in the Baltic Sea. Baltic Sea Environment proceedings No. 155A. Helsinki: HELCOM. Viitattu 25.3.2012 <http://www.helcom.fi/stc/files/Publications/Proceedings/bsep115A.pdf>.



Perus, J. & Bonsdorff, E. 2003. Longterm changes in macrozoobenthos in the Åland archipelago, northern Baltic Sea. *Journal of Sea Research* 52, 45-56. Elsevier.

Perus, J.; Bonsdorff, E.; Bäck, S.; Westberg, V. & Lax, H. G. 2006. Linking ecology and management – Defining the ecological status of coastal brackish waters. Abstract for the BIREME Final Symposium 2006. Viitattu 25.3.2012 [http://86.50.25.11/Tiedostot/Tiedostot/BIREME/Imagine\\_2006.pdf](http://86.50.25.11/Tiedostot/Tiedostot/BIREME/Imagine_2006.pdf).

Perus, J.; Bonssdorff, E.; Bäck, S.; Lax, H. G.; Villnäs, A. & Westberg, V. 2007. Zoobenthos as Indicators of Ecological Status in Coastal Brackish Waters: Comparative Study from the Baltic Sea. *Ambio* Vol. 36 No 2-3. Viitattu 20.3.2012 [https://www.abo.fi/student/en/media/16577/perusetal2007\\_ambio36.pdf](https://www.abo.fi/student/en/media/16577/perusetal2007_ambio36.pdf).

Pilke, A. 2011. Tyypittely - Vesienhoidon ja tulvariskien hallinnan suunnittelu. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 18.3.2012 [http://syke.etapahtuma.fi/eTaika\\_Tiedostot/2/TapahtumanTiedostot/516/Ansa\\_Pilke\\_Tyypittely.pdf](http://syke.etapahtuma.fi/eTaika_Tiedostot/2/TapahtumanTiedostot/516/Ansa_Pilke_Tyypittely.pdf).

Rosenberg, D. M.; Davies, I. J.; Cobb, D. G. & Wiens, A. P. 2011. Protocols for measuring biodiversity: Benthic Macroinvertebrates in Fresh Waters. Winnipeg: Department of Fisheries and Oceans, Freshwater Institute. Viitattu 30.3.2012 <http://www.ec.gc.ca/Publications/FDCFB30-EA5B-4B51-B733-9A954F1DC3D8%5CFreshwaterMonitoringProtocolFreshwaterBenthicMacroinvertebrates.pdf>.

Rousi, H.; Peltonen, H.; Mattila, J.; Bäck, S. & Bonsdorff, E. 2011. Impacts of physical environmental characteristics on the distribution of the benthic fauna in the northern Baltic Sea. *Boreal environment research* 16: 521 – 533. Helsinki. Viitattu 28.3.2012 <https://www.abo.fi/student/en/media/16577/rousietal2011.pdf>.

Segerstråle, S. G. 1978. The negative correlations between abundances of the amphipod *Pontoporeia* and the bivalve *Macoma* in Baltic waters, and the factors included. *Ann. Zool. Fennici* 15: 143 – 145. Viitattu 28.3.2012 <http://www.sekj.org/PDF/anzf15/anzf15-143-145.pdf>.

SFS 5076 1989. Vesitutkimukset - Pohjaeläinnäytteenotto Ekman -noutimella pehmeiltä pohjilta. Suomen standardisoimisliitto. Turun ammattikorkeakoulu: Sopimus F10345 Marja Anttonen.

SPSS Inc. (2007) SPSS Statistics 17.0.1. SPSS Inc. Chicago, USA. Sarjanro: 9915910.

Tirri, R.; Lehtonen, J.; Lemmetyinen, R.; Pihakaski, S. & Portin, P. 2006. Biologian sanakirja. uudistetun laitoksen 3. painos. Keuruu: Otava.

Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä 30.11.2006/1040. Viitattu 14.3.2012 <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20061040>.

Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2011. Kirkkaasta sameaan – Meren kuormitus ja tila Saaristomerellä ja Ahvenanmaalla. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 6/2011. Turku.

Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2012. Kalankasvatuksen vesiensuojelu. Viitattu 24.3.2012 <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=72834&lan=fi>

Vuori, K.; Bäck, S.; Hellsten, S.; Karjalainen, S. M.; Kauppila, P.; Lax, H.; Lepistö, L.; Londeborough, S.; Mitikka, S.; Niemelä, P.; Niemi, J.; Perus, J.; Pietiläinen, O.; Pilke, A.; Riihimäki, J.; Rissanen, J.; Tammi, J.; Tolonen, K.; Vehanen, T.; Vuoristo, K. & Westberg, V. 2006. Suomen pintavesien tyypittelyn ja ekologisen luokittelujärjestelmän perusteet. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Vuori, K.; Mitikka, S. & Vuoristo, H. 2009. Ympäristöhallinnon ohjeita 3/2009 - Pintavesien ekologisen tilan luokittelu. Helsinki: Suomen Ympäristökeskus.

Wetzel, R. 2001. Limnology – Lake and River Ecosystems. 3. painos. San Diego: Elsevier.

Wallace, I. D.; Wallace, B. & Philipson, G. N. 1990. A key to the Case-bearing Caddis larvae of Britain and Ireland. Freshwater Biological association, Scientific Publication No. 51.

Ympäristöministeriö 2006. Pintavesien tyypittely. Ympäristöministeriön kirje 17.2.2006. Viitattu 27.2.2012

Ympäristöministeriö 2011. Ympäristöopas 2011. Haja-asutuksen jätevedet. Lainsäädäntö ja käytännöt. Helsinki: Ympäristöministeriö. Viitattu 25.3.2012  
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=132989&lan=fi>.

YSI Incorporated 2011. Viitattu 8.3.2012 <http://www.ysi.com/productsdetail.php?6600V2-1>

## Liitteet

Liite 1: Näytteenoton tiedot.

Näytepiste	Pvm & klo	Syvyys	Lat_WGS84 (dd°mm.mm')	Long_WGS84 (dd°mm.mm')	Kunta
P1	22.9.2011 15:40	7,2	60° 22.018'	22° 31.458'	Parainen
P2	22.9.2011 11:15	10,8	60° 19.799'	22° 32.003'	Parainen
P3	21.9.2011 16:40	39	60° 18.747'	22° 30.533'	Sauvo
P4	21.9.2011 15:00	42,9	60° 17.073'	22° 28.112'	Sauvo
P5	21.9.2011 13:55	7,5	60° 15.277'	22° 27.032'	Parainen
P6	21.9.2011 12:20	24,2	60° 15.202'	22° 25.643'	Parainen
P7	2.9.2011 14:10	32,4	60° 10.711'	22° 23.977'	Kemiönsaari
P8	2.9.2011 13:20	49	60° 8.133'	22° 21.222'	Parainen
P9	1.9.2011 15:30	25,3	60°07.00'	22°07.25'	Parainen
P10	1.9.2011 17:20	31,5	60°01.963'	21°59.816'	Parainen
P11	1.9.2011 18:15	32,0	59°57.00'	21°52.500'	Parainen
P12	1.9.2011 19:20	74	59°51.746'	21°44.825'	Parainen
M1	11.10.2011 12:40	1,9	60°37.360'	21°49.110'	Mynämäki
M2	11.10.2011 13:25	4,7	60°32.384'	21°41.377'	Taivassalo
M3	12.10.2011 9:00	9,6	60°27.153'	21°33.890'	Naantali
M4	12.10.2011 10:10	19,7	60°22.141'	21°26.826'	Parainen
M5	29.9.2011 12:05	37	60°11.665'	21°11.700'	Parainen
M6	29.9.2011 11:15	29,5	60°06.645'	21°03.930'	Parainen
M7	9.9.2011 15:10	8	60°01.337'	20°57.015'	Kökar
M8	9.9.2011 14:20	20,5	59°56.347'	20°49.184'	Kökar

## Liite 2. Näytepisteiden pohjanlaatutiedot.

Näytepiste	Pohjatyyppe	Sedimentin haju	Sedimentin pinnan väri	Pohja-aines	Pohjanlaadun lisätiedot
P1	pehmeä	hajuton	ruskea	savi	
P2	pehmeä	hajuton	ruskea	savi	
P3	pehmeä	rikkivedyn hajua syvemmällä sedimentissä	ruskea	lieju/muta	
P4	pehmeä	rikkivedyn hajua syvemmällä sedimentissä	ruskea	lieju/muta	sedimentti syvemmältä mustaa
P5	hiekkasora	hajuton	ruskea	hiekkasora/savi	pohjassa malmia
P6	pehmeä	hajuton	ruskea	lieju/muta	
P7	pehmeä	rikkivedyn hajua syvemmällä sedimentissä	ruskea	lieju/muta	sedimentti syvemmältä mustaa
P8	pehmeä	hajuton	ruskea	hiekkamuta	
P9	pehmeä	hajuton	ruskea	siltti	
P10	pehmeä	hajuton	ruskea	lieju/muta	
P11	pehmeä	hajuton	ruskea	liejusora	

P12	pehmeä	rikkivedyn hajua syvemmällä sedimentissä	ruskea	lieju/muta	
M1	pehmeä	hajuton	ruskea	savi	
M2	pehmeä	hajuton	ruskea	lieju/muta	
M3	pehmeä	hajuton	ruskea	savi	
M4	pehmeä	hajuton	ruskea	lieju/muta	Paljon hajoavia simpukoita
M5	pehmeä	hajuton	ruskea	siltti	
M6	pehmeä	hajuton	ruskea	savi	pohjassa malmia
M7	pehmeä	hajuton	ruskea	siltti	vesikasvillisuutta
M8	hiekkasora	hajuton	ruskea	hiekkasora	

Liite 3. Pohjaeläinten (taksonien) ympäristöstressin sietokykyarvot (Vuori ym. 2009, liite 3.3.1)

Taksoni	Toleranssi-arvo	Taksoni	Toleranssi-arvo
Oligochaeta*	1	Idotea, muut ***	10
Hediste diversicolor	5	Heterotanis oerstedii	5
Eteone**	10	Ostracoda*	15
Bylgides sarsi	15	Coleoptera**	10
Fabricia sabella	10	Ceratopogonidae**	5
Manayunkia aestuarina	10	Chaoboridae**	1
Marenzelleria**	5	Chironomidae*	1
Pygospio elegans	5	Trichoptera**	15
Polydora ciliate	1	Ephemeroptera**	10
Spio filicornis	10	Mya arenaria	10
Streblospio benedicti	5	Cerastoderma glaucum	10
Trochochaeta multisetosa	5	Pisidium**	15
Terebellides stroemi	10	Sphaerium**	10
Arenicola marina	10	Macoma**	5
Capitella**	1	Mytilus edulis	5
Heteromastus filiformis	5	Lymnaeidae, muut***	10
Scoloplos armiger	10	Valvata macrostoma	5
Crangon crangon	10	Valvata piscinalis	10
Leptocheirus pilosus	5	Bithynia tentaculata	10
Corophium volutator	10	Potamopyrgus antipodarium	10
Gammarus**	10	Hydrobiidae, muut***	5
Bathyporeia pilosa	15	Littorina saxatilis	10
Phoxocephalus holbolli	15	Rissoa**	15
Monoporeia affinis	15	Retusa truncatula	15
Pontoporeia femorata	15	Limapontia	15
Diastylis rathkei	10	Theodoxus fluviatilis	15
Asellus aquaticus	5	Nemertea, muut***	10
Jaera**	15	Turbellaria**	10
Saduria entomon	10	Halicryptus spinulosus	15
Idotea balthica	5	Priapulus caudatus	10

\* Ryhmän kaikkien lajien yksilöt lasketaan yhteen ja niille käytetään samaan toleranssi-arvoa.

\*\* Mikäli lajeja on useampia, ilmoitetaan lajit erikseen ja niille käytetään ryhmän toleranssi-arvoa.

\*\*\* Mikäli ryhmän lajit on määritetty lajitasolle, ilmoitetaan lajit erikseen ja käsitellään ne erikseen diversiteetin ja lajiluvun laskennassa.

Liite 4. Lounaisen saariston syvyys- ja saaristovyöhykekohtaiset BBI -indeksin luokkarajat ja vertailuarvot (Vuori ym. 2009, liite 3.3).

Tyyppi	Syvyys	Yksikkö	Vertailuarvo	BQlmax	H'max	Luokkarajat			
						E/H	H/T	T/V	V/Hu
Ls Lounainen sisäsaaristo	0 - 10	BBI	0,65	10,02	2,86	0,58	0,35	0,23	0,2
	0 - 10	ELS				0,89	0,53	0,35	0,18
	10 +	BBI	0,59	11,49	2,92	0,56	0,34	0,22	0,11
	10 +	ELS				0,95	0,57	0,38	0,19
Lv Lounainen välisaaristo	0 - 10	BBI	0,75	10,35	3,15	0,7	0,42	0,28	0,14
	0 - 10	ELS				0,93	0,56	0,37	0,19
	10 +	BBI	0,60	14,54	2,55	0,53	0,32	0,21	0,11
	10 +	ELS				0,89	0,53	0,36	0,18
Lu Lounainen ulkosaaristo	0 - 10	BBI	0,83	8,65	3,23	0,74	0,44	0,29	0,15
	0 - 10	ELS				0,92	0,55	0,37	0,18
	10 +	BBI	0,68	15,46	2,29	0,62	0,37	0,25	0,12
	10 +	ELS				0,9	0,54	0,36	0,18

Liite 5. Mynälahti – Kökar -näytteenottolinjaston pohjaeläinten näytekohtaiset yksilötiheydet ja biomassat sekä määritettyjen taksonien lukumäärät.

Näytepiste	M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7		M8	
Ryhmä ja laji	yks./ m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./ m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./ m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./ m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./ m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./ m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./ m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./ m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>
<b>NEMERTEA</b>			<b>0,1</b>										<b>0,1</b>			
<i>Prostoma obscurum</i>			30										40			
<b>OLIGOCHAETA</b>	110	<b>0,6</b>	100	<b>2,1</b>	10	<b>0,1</b>							80	<b>0,1</b>		
<b>POLYCHAETA</b>		<b>18,4</b>		<b>4,8</b>		<b>2,2</b>				<b>10,8</b>				<b>5,2</b>		<b>10,3</b>
<i>Bylgides sarsi</i>									130						120	
<i>Hediste diversicolor</i>	110		20		60								230		40	
<i>Marenzelleria sp.</i>	220		290		200				1930				250		2610	
<b>SIPUNCULOIDEA</b>									<b>8,5</b>		<b>7</b>					<b>4,6</b>
<i>Halicryptus spinulosus</i>									100		50				30	
<b>GASTROPODA</b>													<b>25,9</b>			<b>0,5</b>
<i>Hydrobia ventrosa</i>													1250			
<i>H. ulvae</i>													1980			
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (leväkotilo)															10	
<b>BIVALVIA</b>		<b>3</b>		<b>18,6</b>		<b>29,9</b>		<b>76</b>		<b>135,2</b>		<b>107,7</b>		<b>101,6</b>		<b>318,6</b>
<i>Macoma baltica</i>	20		190		110		70		390		190		350		810	
<i>Mya arenia</i>			10										20			
<i>Mytilus edulis</i>													180		2250	
<i>Cerastoderna glaucum</i>													390			
<b>AMPHIPODA</b>									<b>11,7</b>		<b>3</b>		<b>1,4</b>			<b>2,4</b>
<i>Monoporeia affinis</i>									500		150		30		40	
<i>Pontoporeia femorata</i>									440		90					



<i>Gammarus salinus</i>							10	200
<i>Corophum volutator</i>							400	80
<b>ISOPODA</b>						<b>0,2</b>		<b>7,2</b>
<i>Saduria entomon</i>						10		60
<i>Idotea granulosa</i>								20
<i>Jaera albifrons</i>								30
<b>MYSIDACEA</b>					<b>0,1</b>		<b>0,1</b>	
<i>Mysis mixta</i>					10		30	
<b>DIPTERA</b>	<b>1,0</b>			<b>1,3</b>	<b>0,1</b>			
<i>Chironomus sp.</i>	50			60				
<i>Chironominae</i>								10 0,1
<i>Tanypodinae</i>	50			10	20			
<b>TRICOPTERA</b>							<b>0,1</b>	
<i>Ceraclea sp.</i>							20	
<b>Yhteensä yks./m<sup>2</sup> ja g</b>	<b>23,0</b>	<b>25,6</b>	<b>32,2</b>	<b>77,3</b>	<b>166,5</b>	<b>117,9</b>	<b>134,5</b>	<b>343,7</b>
<b>WW/m<sup>2</sup></b>	<b>560 0</b>	<b>640 0</b>	<b>380 0</b>	<b>140 0</b>	<b>3520 0</b>	<b>490 0</b>	<b>5260 0</b>	<b>6310 0</b>
<b>Lajimäärä</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>14</b>

Liite 6. Paimionlahti – Jurmo -näytelinjaston pohjaeläinten näytekohtaiset yksilötiheydet ja biomassat sekä määritettyjen taksonien lukumäärät.

Näytepiste	P1		P2		P3		P4		P5		P6	
Taksoni	yks./m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>
<b>OLIGOCHAETA</b>	20	<b>0,1</b>			610	<b>1,2</b>	230	<b>0,3</b>			350	<b>0,8</b>
<b>POLYCHAETA</b>		<b>2,3</b>		<b>4,7</b>		<b>0,2</b>		<b>0,4</b>		<b>2,8</b>		
<i>Bylgides sarsi</i>												
<i>Hediste diversicolor</i>	160		50						230			
<i>Marenzelleria sp.</i>			230		20		50		70			
<b>SIPUNCULOIDEA</b>												
<i>Halicryptus spinulosus</i>												
<b>BIVALVIA</b>		<b>0,1</b>		<b>27,5</b>						<b>126,1</b>		<b>11,1</b>
<i>Macoma baltica</i>	20		90						170		50	
<i>Mya arenia</i>									70			
<i>Mytilus edulis</i>									50			
<i>Cerastoderna glaucum</i>			10						80			
<b>CIRRIPIEDIA</b>				<b>2,0</b>						<b>52,7</b>		
<i>Balanus improvisus</i>			20						270			
<b>AMPHIPODA</b>												
<i>Monoporeia affinis</i>												
<i>Pontoporeia femorata</i>												
<b>MYSIDACEA</b>								<b>0,1</b>				<b>0,1</b>
<i>Mysis mixta</i>							10				10	
<i>Mysis relicta</i>												
<b>DIPTERA</b>		<b>10,0</b>				<b>0,3</b>						
<i>Chironomus sp.</i>	530				10							
<i>Tanypodinae</i>					10							
<b>Yhteensä yks./m<sup>2</sup>, g WW/m<sup>2</sup></b>	<b>730</b>	<b>12,5</b>	<b>400</b>	<b>34,2</b>	<b>650</b>	<b>1,7</b>	<b>290</b>	<b>0,8</b>	<b>940</b>	<b>181,6</b>	<b>410</b>	<b>12,0</b>
<b>Lajimäärä</b>	<b>4</b>		<b>5</b>		<b>4</b>		<b>3</b>		<b>7</b>		<b>3</b>	

## Liite 6.

Näytepiste Taksoni	P7		P8		P9		P10		P11		P12	
	yks./m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	yks./m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>
<b>OLIGOCHAETA</b>	10	<b>0,1</b>			300	<b>0,9</b>	70	<b>0,1</b>	90	<b>0,2</b>		
<b>POLYCHAETA</b>		<b>46,5</b>		<b>7,2</b>		<b>33,9</b>		<b>13,1</b>		<b>11,9</b>		<b>14,0</b>
<i>Bylgides sarsi</i>	10				20		30		30		50	
<i>Hediste diversicolor</i>					10				10			
<i>Marenzelleria sp.</i>	8690		1610		5080		2570		2200		2660	
<b>SIPUNCULOIDEA</b>		<b>8,7</b>		<b>31,2</b>		<b>3,5</b>		<b>9,1</b>		<b>5,1</b>		<b>8,1</b>
<i>Halicryptus spinulosus</i>	50		70		40		40		20		20	
<b>BIVALVIA</b>		<b>237,2</b>		<b>281,6</b>		<b>286,7</b>		<b>222,0</b>		<b>167,8</b>		<b>107,7</b>
<i>Macoma baltica</i>	300		860		870		480		380		260	
<i>Mya arenia</i>												
<i>Mytilus edulis</i>												
<i>Cerastoderna glaucum</i>												
<b>CIRRIPIEDIA</b>												
<i>Balanus improvisus</i>												
<b>AMPHIPODA</b>				<b>6,6</b>		<b>2,4</b>		<b>12,7</b>		<b>6,7</b>		<b>3,5</b>
<i>Monoporeia affinis</i>			170		570		730		420		210	
<i>Pontoporeia femorata</i>			420		80		450		500		190	
<b>MYSIDACEA</b>		<b>0,3</b>		<b>0,2</b>				<b>0,2</b>				
<i>Mysis mixta</i>			10									
<i>Mysis relicta</i>	30						10					
<b>DIPTERA</b>						<b>0,2</b>				<b>0,2</b>		
<i>Chironomus sp.</i>									10			
<i>Tanypodinae</i>					30				30			
<b>Yhteensä yks./m<sup>2</sup>, g</b>												
<b>WW/m<sup>2</sup></b>	<b>9090</b>	<b>292,8</b>	<b>3140</b>	<b>326,8</b>	<b>7000</b>	<b>327,6</b>	<b>4380</b>	<b>257,2</b>	<b>3690</b>	<b>191,9</b>	<b>3390</b>	<b>133,3</b>
<b>Lajimäärä</b>	<b>6</b>		<b>6</b>		<b>9</b>		<b>8</b>		<b>10</b>		<b>6</b>	

Liite 7. Varsinais-Suomen ELY -keskuksen vuoden 2009 pohjaeläinnäytteenotossa havaitut kokonaisyksilötiheydet, -biomassat sekä liejusimpukan (*M. baltica*), valkokatkan (*M. affinis*) ja *Marenzelleria* -monisukasmadon yksilötiheydet vertailussa käytetyillä näyteasemilla. (OIVA- ympäristö- ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille 2011).

Näyteasema	Kokonaisyksilötiheys (yks./m <sup>2</sup> )	Biomassa	M. baltica (yks./m <sup>2</sup> )	Marenzelleria spp. (yks./m <sup>2</sup> )	M. affinis (yks./m <sup>2</sup> )
Pala sisäosa U4 (P1)	1667	28,100	100	0	0
9 Paimionlahti 115 (P3)	667	0,608	0	0	0
10 Storholm (P4)	533	0,270	0	0	0
Pala 120 B X/5 (P5)	439	70,420	157,66	0	0
Pala 120 X/5 (P6)	2144	2,989	0	22,22	0
Attu lä (P7)	4900	335,680	755,56	3988,89	11,11
Pala ulko osa 124 (P8)	7733	260,607	955,56	6166,67	444,44
<b>Keskiarvo</b>	2583	100	281	1454	65
<b>Max</b>	7733	336	956	6167	444
<b>Min</b>	439	0,270	100	22	11

## Liite 8. Näytepisteiden vedenlaatutiedot.

Näyteasema	Syvyys	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)	Lämpötila pinta (°C)	Lämpötila (°C)	Suolapitoisuus (‰)	Suolapitoisuus pinta (‰)	Kok P (µ/l)	Näkösyvyys
<b>M1</b>	1,9	10,12	92,4	10,03	10,03	4,61	4,59	71	0,45
<b>M2</b>	4,7	10,06	95,5	11,17	11,43	5,68	5,52	37	0,8
<b>M3</b>	9,6	9,82	95,3	12,22	12,21	6,31	6,31	29	2,7
<b>M4</b>	19,7	9,67	94,6	12,59	12,6	6,42	6,42	27	5,2
<b>M5</b>	37	6,6	62,8	14,57	11,31	6,60	6,5	34	6,2
<b>M6</b>	29,5	7,57	72,9	14,05	11,82	6,60	6,35	35	7
<b>M7</b>	8	8,91	95	16,75	16,53	6,57	6,57	19	6,8
<b>M8</b>	20,5	8,52	91,6	17,3	16,92	6,55	6,54	16	6,7
<b>P1</b>	7,2	8,74	92,1	15,7	15,7	6		50	1
<b>P2</b>	10,8	8,71	91,8	16,08	16,09	6,14	6,14	38	2
<b>P3</b>	39	0,5	4,4	16,05	7,86	6,46	6,11	110	
<b>P4</b>	42,9	0,45	4	15,85	7,9	6,46	6,03	130	2
<b>P5</b>	7,5	9,11	96	16,02	16,04	6,19	6,18	50	
<b>P6</b>	24,2	4,67	47,3	16,23	14,13	6,39	6,22	50	
<b>P7</b>	32,4	0,82	7,8	19,24	10,86	6,61	6,43	120	3,5
<b>P8</b>	49	3,03	26,9	19,22	8,3	6,66	6,46	200	3,5
<b>P9</b>	25,3	5,11	53,6	19,38	15,79	6,57	6,48	78	3,5
<b>P10</b>	31,5	5,15	46,7	19,25	9,23	6,68	6,49	150	4,3
<b>P11</b>	32,0	5,51	49,5	18,92	8,84	6,7	6,44	80	5,9
<b>P12</b>	74	7,33	61,1	18,62	5,65	7,33	6,4	91	4,8